

**UM SISTEMA DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE  
EM CHAPAS DE MADEIRA AGLOMERADA**

**TESE**

*Submetida à consideração da Comissão Examinadora  
como requisito parcial na obtenção do título de:*

**MESTRE EM CIÊNCIAS – M.Sc.**

**NO**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL DO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**CURITIBA – PARANÁ  
1978**



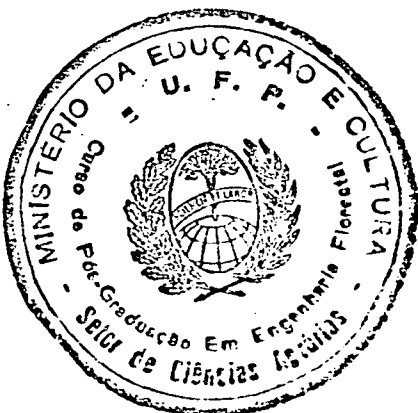
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

P A R E C E R

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato PEDRO PAULO DE LALOR IMBIRIBA, sob o título " UM SISTEMA DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE EM CHAPAS DE MADEIRA AGLOMERADA ", para obtenção do grau de Mestre em Ciências - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração: TECNOLOGIA DE PRODUTOS FLORESTAIS, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, e realizada a atribuição de conceitos, são de parecer pela "Aprovação com Mérito" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o Grau e o Diploma de Mestre.

Curitiba, 19 de dezembro de 1978.

Professor Leo da Rocha Lima - Dr.  
Primeiro Examinador



Professor Ivan Tomaselli - Ph.D  
Segundo Examinador

Professor Peter Theo Wilhelm Karstedt - Ph.D  
Presidente

Dedicatória:

*À minha esposa*

*Aos meus pais.*

## AGRADECIMENTOS

Aos professores Dr. Hans Georg Richter, Dr. Hans Peter Nock e Dr. Peter Karstedt, do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pelo valioso incentivo e orientação na elaboração desta tese.

Ao professor Dr. Dietrich Burger, do Curso de Pós-Graduação, pelo auxílio nos cálculos da análise de correlação simples.

Ao professor Sylvio Péllico Netto, coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, pelo estímulo e apoio durante o curso.

À Placas do Paraná S/A., seus técnicos e funcionários que contribuíram para a realização do presente trabalho.

Ao Dr. Wolfgang J. Huppert, tecnólogo da madeira, pela indispensável orientação e colaboração no transcurso deste trabalho de pesquisa.

Ao Dr. Hans T. Birckholz, pelo apoio e relevantes sugestões.

Ao Dr. Ernst Bauchwitz, pela valiosa colaboração.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela ajuda financeira.

Aos meus familiares, e em especial à minha esposa, pelo estímulo que sempre deram para a realização deste trabalho.

A todos os professores, colegas e funcionários do Curso de Pós-Graduação e as demais pessoas que de um ou de outro modo nos auxiliaram.

## BIOGRAFIA

### DADOS PESSOAIS

Nome: PEDRO PAULO DE LALOR IMBIRIBA

Data de nascimento: 21 de abril de 1941

Naturalidade: Rio de Janeiro - RJ.

### NÍVEL DE FORMAÇÃO

Curso Superior em Engenharia Florestal, pela Universidade Federal do Paraná, de 1966 a 1969.

Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, opção Tecnologia da Madeira do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, de 1974 a 1976.

### CURSOS EXTRAS

Curso de "Tratores e Equipamentos Agro-Florestais", realizado pela firma Paraná Equipamentos, em 1969.

Curso de "Construção Naval em Madeira", no Arsenal da Marinha do Rio de Janeiro, em 1971.

### EXPERIÊNCIAS PROFISSIONAIS

Contratado pela SUDAM (Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia), lotado no Serviço de Treinamento e Pesquisas Florestais, em Santarém-Pará (em 05/março/1970).

Chefe da Seção de Treinamento e Utilização do Serviço de Treinamento e Pesquisas Florestais, desenvolvendo os trabalhos de Administração da serraria e carpintaria e da preparação de mão-de-obra especializada, de nível médio, ministrando os cursos de "Operadores de Serraria", "Operadores de Motosserras", "Classificadores de Madeira" e "Supervisores de Serraria" (julho/1970 a junho/1973).

A serviço do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, no Projeto BRA/45, em viagem de estudo, fazendo o levantamento do potencial industrial das serrarias na Região das Ilhas do Marajó e da cidade de Belém, no Estado do Pará (julho a setembro/1973).

Contratado pela firma M.F. Gomes Comércio e Indústria S.A., em Belém, Pará, como assistente para as atividades técnicas e gerente geral da serraria e olaria, na cidade de São Miguel do Guamã-PA. (outubro/1973 a março/1974).

Contratado pela firma Placas do Paraná S.A., em Curitiba-PR, na função de auxiliar técnico estagiário, nos Departamentos de Produção e de Controle de Qualidade de chapas de madeira aglomerada. (janeiro a julho/1975).

Trabalho desenvolvido na firma Imaribo S.A. Comércio e Indústria, em Curitiba-PR, sobre o controle de qualidade da variação do teor de umidade na fabricação de lambris. (abril a junho/1975).

Trabalho realizado na firma Trevo S.A. em Curitiba-PR, determinando os pontos físicos de controle, para instalação de um sistema de controle de qualidade da produção de madeira compensada (agosto de 1975).

Contratado pela firma Placas do Paraná S.A., em Curitiba-PR, desenvolvendo as funções de:

- Chefe do Setor de Planejamento e Controle da Produção, de janeiro a novembro de 1976.
- Chefe do Setor de Controle de Qualidade, de dezembro/1976 a outubro/1977.
- Chefe do Setor de Produto e Assistência Técnica, desde novembro/1977.

## Í N D I C E

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. Descrição do produto	4
2.1.1. Generalidades	4
2.1.2. Sistema "Bison"	5
2.2. Influência da espessura nas propriedades	7
2.3. Propriedades das chapas	7
2.3.1. Propriedades que podem ser testadas	7
2.3.2. Fatores que influenciam as propriedades	10
2.4. Controle de qualidade	11
2.4.1. Histórico	11
2.4.2. Finalidade	15
2.4.3. Estágios	16
2.4.4. Controle estatístico	17
2.5. Gráficos de controle de qualidade	18
2.5.1. Teoria	18
2.5.2. Limites de advertência e de controle	19
2.5.3. Tipos	20
2.5.4. Interpretação	21
2.6. Plano de amostragem	23
2.6.1. Amostragem	23
2.6.2. Corpos de prova	26
3. MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1. Local de estudo	29
3.2. Chapas de madeira aglomerada	29

3.3.	Plano de amostragem	30
3.4.	Sistema de coleta	30
3.4.1.	Extração das amostras	30
3.4.2.	Corpos de prova para os testes	31
3.5.	Testes realizados	34
3.5.1.	Especificações da produção	34
3.5.2.	Descrição dos testes	35
3.6.	Cálculo dos limites de controle	37
4.	RESULTADOS	39
4.1.	Número de corpos de prova necessário	40
4.2.	Análise de variância	41
4.3.	Qualidade estatística da produção	42
4.4.	Interpretação dos gráficos	45
4.5.	Correlação entre as propriedades testadas	36
5.	DISCUSSÃO	37
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	93
7.	RESUMO	96
8.	BIBLIOGRAFIA	101
9.	ANEXOS	105



## ABREVIATURAS E SÍMBOLOS EMPREGADOS

### NORMAS E ENTIDADES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFNOR	Association Française des Normes
ASA	American Standards Association
ASTM	American Society for Testing and Materials
BS	British Standards
DIN	Deutsche Industrie Normen
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations

### ESTATÍSTICOS DE CONTROLE DE QUALIDADE

a	Número mínimo de aceitação
CV	Coeficiente de variação
D <sub>3</sub>	Coeficiente tabelado
D <sub>4</sub>	Coeficiente tabelado
F'	Valor tabelar para o teste F
F	Valor calculado para o teste F
GL	Graus de liberdade
IC	Intervalo de confiança
K	Número de amostras
LAI	Limite de advertência inferior
LAS	Limite de advertência superior
LCI	Limite de controle inferior
LCS	Limite de controle superior
LM	Linha média
L(P)	Probabilidade de aceitação do lote
N	Número de corpos de prova da população
n	Número de corpos de prova da amostra
p%	Porcentagem de defeituosos no lote
r	Número de rejeição
R	Amplitude das amostras
$\bar{R}$	Amplitude média
R <sub>max</sub>	Maior amplitude das amostras
R <sub>min</sub>	Menor amplitude das amostras
S	Desvio-padrão amostral
S <sub>1</sub>	Desvio-padrão entre as chapas

$S_2$	Desvio-padrão dentro das chapas
$S_m$	Desvio-padrão para população heterogênea
$S^2$	Variância da população
$S_1^2$	Variância entre as chapas
$S_2^2$	Variância dentro das chapas
SQD	Soma dos quadrados dos desvios
X	Valor do corpo de prova
$\bar{X}$	Média das amostras
$\bar{\bar{X}}$	Média das médias das amostras
$X_{\max}$	Maior valor dos corpos de prova
$X_{\min}$	Menor valor dos corpos de prova
$\bar{X}_{\max}$	Maior média aritmética das amostras
$\bar{X}_{\min}$	Menor média aritmética das amostras
$\mu$	Média da população
$\sigma$	Desvio-padrão da população
$\Sigma$	Somatória

#### OUTROS

A	Área dos corpos de prova (em $\text{cm}^2$ )
B	Largura dos corpos de prova (em cm)
D	Densidade (em $\text{kg/m}^3$ ou $\text{g/cm}^3$ )
E	Espessura dos corpos de prova (em cm)
Ef	Espessura final no estado inchado (em mm)
Ei	Espessura inicial no momento climatizado (em mm)
$F_{\perp}$	Flexão estática perpendicular (em $\text{kg/cm}^2$ )
g	Gramas
Hs	Horas
I%	Inchamento em porcentagem
L	Vão entre apoios (em cm)
P	Peso do corpo de prova (em g)
$P_{\max}$	Carga máxima aplicada no momento da ruptura (em kg)
Po	Peso seco (atmo) dos corpos de prova (em g)
Pu	Peso úmido dos corpos de prova (em g)
$T_{\perp}$	Tração perpendicular (em $\text{kg/cm}^2$ )
U%	Teor de umidade em porcentagem
V	Volume (em $\text{m}^3$ ou $\text{cm}^3$ )

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

1.	Esquema da estação formadora do sistema "Bison"	6
2.	Curva característica operacional	24
3.	Esquema de coleta das amostras nas chapas	32
4.	Distribuição dos corpos de prova na amostra	33

### GRÁFICOS DE CONTROLE DAS CHAPAS DA LINHA I

5.	Da média da propriedade densidade	45
6.	Da amplitude da propriedade densidade	46
7.	Da média da propriedade teor de umidade	47
8.	Da amplitude da propriedade teor de umidade	49
9.	Da média da propriedade inchamento em 2 horas	50
10.	Da amplitude da propriedade inchamento em 2 horas	51
11.	Da média da propriedade inchamento em 24 horas	52
12.	Da amplitude da propriedade inchamento em 24 horas	53
13.	Da média da propriedade tração perpendicular	54
14.	Da amplitude da propriedade tração perpendicular	55
15.	Da média da propriedade flexão estática perpendicular	56
16.	Da amplitude da propriedade flexão estática perpendicular	58

### GRÁFICOS DE CONTROLE DAS CHAPAS DA LINHA II

17.	Da média da propriedade densidade	59
18.	Da amplitude da propriedade densidade	60
19.	Da média da propriedade teor de umidade	61
20.	Da amplitude da propriedade teor de umidade	62
21.	Da média da propriedade inchamento em 2 horas	63
22.	Da amplitude da propriedade inchamento em 2 horas	65
23.	Da média da propriedade inchamento em 24 horas	66
24.	Da amplitude da propriedade inchamento em 24 horas	67
25.	Da média da propriedade tração perpendicular	68
26.	Da amplitude da propriedade tração perpendicular	69
27.	Da média da propriedade flexão estática perpendicular	70

28.	Da amplitude da propriedade flexão estática perpendicular	71
GRÁFICOS DE CONTROLE DAS CHAPAS DA LINHA III		
29.	Da média da propriedade densidade	72
30.	Da amplitude da propriedade densidade	74
31.	Da média da propriedade teor de umidade	75
32.	Da amplitude da propriedade teor de umidade	76
33.	Da média da propriedade inchamento em 2 horas	77
34.	Da amplitude da propriedade inchamento em 2 horas	78
35.	Da média da propriedade inchamento em 24 horas	79
36.	Da amplitude da propriedade inchamento em 24 horas	80
37.	Da média da propriedade tração perpendicular	81
38.	Da amplitude da propriedade tração perpendicular	82
39.	Da média da propriedade flexão estática perpendicular	83
40.	Da amplitude da propriedade flexão estática perpendicular	85

## LISTA DE QUADROS

	Pág.
1. Evolução da produção de madeira aglomerada no Brasil	14
2. Distribuição setorial do consumo de madeira	15
3. Código de letras do tamanho de amostras	25
4. Planos de Amostragem Simples, Inspeção Comum	26
5. Número de corpos de prova para cada propriedade estudada, segundo a norma DIN 68.761	27
6. Número de corpos de prova usado nos testes	31
7. Dimensões dos corpos de prova para as chapas de 15mm de espessura, segundo as normas DIN	33
8. Valores normalizados para a fabricação de chapas destinadas ao uso geral em ambientes internos, conforme a norma DIN 68.761	34
9. Fatores para cálculo dos limites em gráficos de controle (Sistema Norte-Americano)	38
10. Resultado dos cálculos estatísticos para a determinação do número necessário de corpo de prova para as propriedades testadas das chapas da Linha I	40
11. Resultado dos cálculos estatísticos para a determinação do número necessário de corpo de prova para as propriedades testadas das chapas da Linha II	41
12. Resultado dos cálculos estatísticos para a determinação do número necessário de corpo de prova para as propriedades testadas das chapas da Linha III	41
13. Resultado da análise do controle estatístico de qualidade da Linha I	43
14. Resultado da análise do controle estatístico de qualidade da Linha II	44
15. Resultado da análise do controle estatístico de qualidade da Linha III	44

16.	Coeficiente de correção (R) entre as propriedades da Linha I	86
17.	Coeficiente de correlação (R) entre as propriedades da linha II	86
18.	Coeficiente de correlação (R) entre as propriedades da linha III	86

## 1. INTRODUÇÃO

## 1 - INTRODUÇÃO

A indústria de chapas de madeira aglomerada no Brasil está em franca expansão, porque o produto reúne propriedades específicas e características apropriadas que satisfazem as necessidades da indústria moveleira e da construção civil.

Os modernos processos de fabricação exigem técnicas especiais de controle da produção, para manter estável a qualidade do produto. Um esforço contínuo e determinado é necessário, para manter os passos do processo, que influenciam as propriedades do produto acabado. Estas propriedades devem ser examinadas regularmente, para assegurar as suas características com os níveis desejados pelo mercado. O objetivo do controle de qualidade é o controle da integridade dos produtos para manter satisfeitas as exigências de uso.

Além disso, as particularidades do produto manufaturado, e as grandes quantidades produzidas nas instalações modernas, exigem emprego de métodos especiais de controle estatístico de qualidade, que como método, corresponda com as exigências das modernas produções em massa.

A qualidade do aglomerado depende da integridade da matéria-prima e do processo. O controle de qualidade, deve então, supervisionar a qualidade da matéria-prima, o comportamento e características dos vários estágios da produção e o produto final.

Este trabalho adaptou um sistema de controle estatístico de qualidade em uma fábrica nacional de chapas de madeira aglomerada, visando: Calcular as tolerâncias de controle de qualidade de terminadas pela variabilidade do processo, compará-las com as que estão em uso, determinar o nível de qualidade das chapas e sua variação, e fazer recomendações para a indústria.



## 2. REVISÃO DA LITERATURA

## 2 - REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 - DESCRIÇÃO DO PRODUTO

#### 2.1.1 - GENERALIDADES

Chapa de madeira aglomerada, fabricada por processo de prensagem plana, é um produto constituído por partículas de madeira, impreganadas com cola sintética termo-endurecível, que arrumadas de maneira consistente e uniforme, formando um colchão, e por ação controlada de calor, pressão e umidade, tomam a forma definitiva e estável, com características pré-determinadas.

Conforme a classificação da FAO (1959) e HOUWINK e SALOMON (1967), existem três tipos principais de chapas de madeira aglomerada, em função da densidade:

- Chapas de baixa densidade: de 250 a 400 kg/m<sup>3</sup>
- Chapas de média densidade: de 400 a 800 kg/m<sup>3</sup>
- Chapas de alta densidade: de 800 a 1200 kg/m<sup>3</sup>.

Segundo AKERS (1966), as chapas planas prensadas, quanto à sua estrutura são classificadas em:

- Chapas de uma camada, onde a sua estrutura é toda constituída de partículas com, aproximadamente, as mesmas dimensões.
- Chapas de multi-camadas, cuja formação da estrutura é feita em camadas, dispostas simetricamente, constituídas por partículas de diferentes grupos de frações granulométricas, que diminuem de tamanho do centro para a superfície. Este tipo de chapas pode ser de 3, 5 ou mais camadas.
- Chapas graduadas, cuja estrutura tem formação simétrica, e as partículas vão diminuindo gradualmente de dimensões do centro para a superfície, sem delimitação de camadas.

São conhecidos vários sistemas para a formação das chapas, destacando-se entre eles, o sistema de formação por vento e o sistema de formação pela ação da gravidade conforme DEPPE e ERNST (1964).

As chapas aglomeradas, objeto deste trabalho, com densidade em torno de  $700 \text{ kg/m}^3$ , são consideradas como chapas de média densidade, de acordo com a classificação da FAO (1959) e HOUWINK e SALOMON (1967) e do tipo de estrutura graduada, fabricadas pelo sistema "Bison".

### 2.1.2 - SISTEMA "BISON"

A principal característica do sistema "Bison" na fabricação de chapas de madeira aglomerada, é o equipamento de formação do colchão, onde a separação das partículas é feita por um processo aerodinâmico, que proporciona uma distribuição contínua, indo as partículas finas formar as camadas externas e as partículas grossas a camada central. BISON (1975c).

O processo basicamente consiste em uma câmara uniformizadora das partículas, fixada sobre a estação formadora, a qual está equipada com um sistema central de distribuição do fluxo de ar bidirecional abrangendo toda sua largura. As partículas introduzidas pela abertura superior ao caírem através do fluxo de ar são separadas e as mais finas são sopradas mais distante, formando as camadas superficiais (inferior e superior) e as partículas mais grossas formam a camada central, durante o movimento da estação formadora (figura nº 1).

A particularidade deste processo é que a chapa toma uma estrutura simétrica formada pela mudança gradual contínua do tamanho das partículas da superfície para o centro, eliminando os pontos de enfraquecimento nas zonas de delimitação entre as camadas, como também se consegue uma superfície de textura fina e bem fechada com excelente uniformidade, a qual pode ser pintada ou chapeada sem tratamento especial e com grande economia de material.

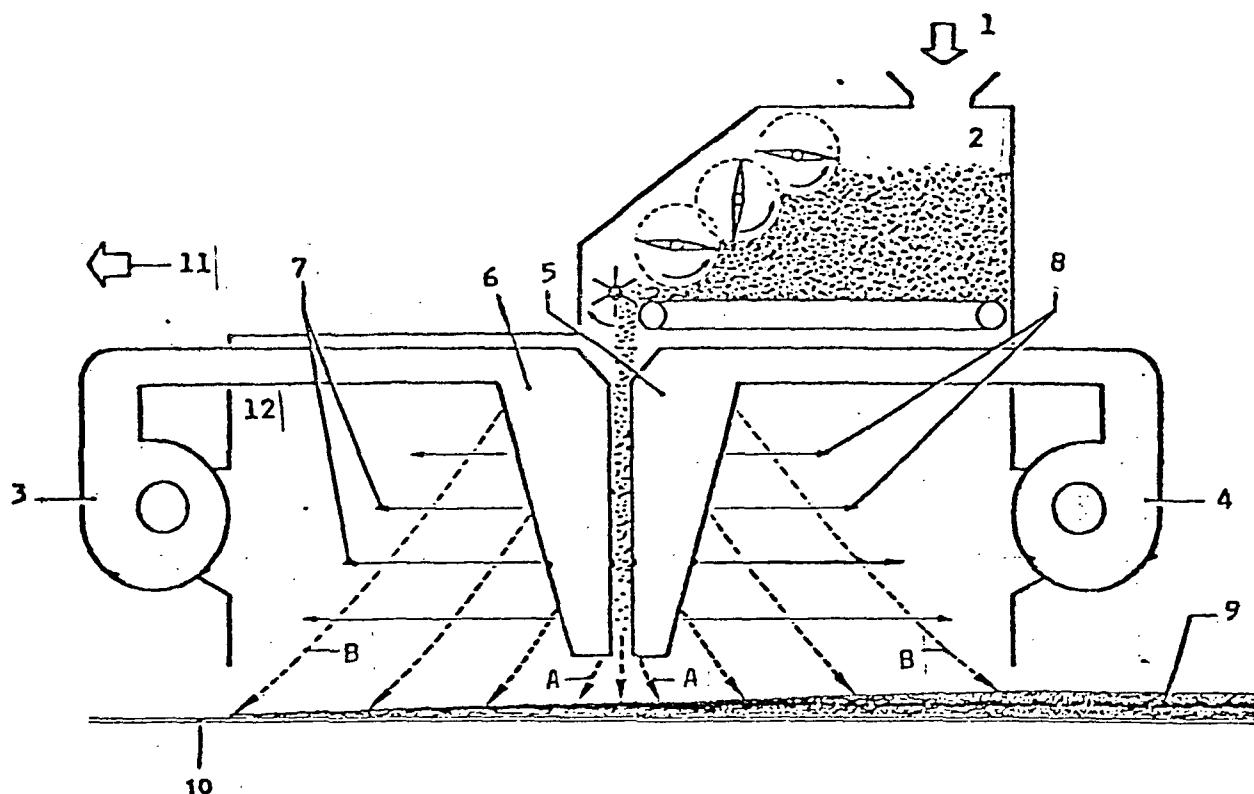


Figura nº 1 - Esquema da estação formadora do sistema "Bison".

- 1 - entrada de material
- 2 - câmara uniformizadora
- 3 e 4 - ventiladores
- 5 e 6 - registros de ar
- 7 e 8 - fluxos de ar
- 9 - colchão
- 10 - fita de aço
- 11 - sentido do movimento da estação formadora para formar o colchão
- 12 - estação formadora.

A - trajetória das partículas grossas  
 B - trajetória das partículas finas.

## 2.2 - INFLUÊNCIA DA ESPESSURA NAS PROPRIEDADES

De acordo com PLATH (1963) e a norma DIN 68.761, a variação dos valores das propriedades das chapas de madeira aglomerada é insignificante dentro dos grupos de espessura, sendo considerados os seguintes grupos:

- a) Espessura até 13 mm
- b) Espessura de 13 a 20 mm
- c) Espessura de 20 a 25 mm
- d) Espessura de 25 a 32 mm
- e) Espessura de 32 a 40 mm
- f) Espessura de 40 a 50 mm

## 2.3 - PROPRIEDADES DAS CHAPAS

### 2.3.1 - PROPRIEDADES QUE PODEM SER TESTADAS

Para o controle do produto final, KOLLMANN et al. (1975) e outros classificam as propriedades das chapas que podem ser testadas em gerais, físicas, mecânicas e tecnológicas, relacionadas a seguir:

#### Propriedades gerais:

- Dimensões da chapa (comprimento, largura e espessura), precisão para as dimensões e tolerâncias na expedição;
- Cor;
- Qualidade e tratamento da superfície.

#### Propriedades físicas:

- Densidade, peso por unidade de volume, depois do acondicionamento;
- Teor de umidade, baseado no peso seco depois do acondicionamento;
- Absorção ou inchamento no ar ou na água, transferência devido a troca do teor de umidade;

- Expansão térmica;
- Calor específico;
- Condutibilidade térmica, difusibilidade;
- Radiação do calor, emissividade;
- Propriedades elétricas (resistência elétrica, condutividade, propriedades dielétricas).

#### Propriedades mecânicas:

- Tensão de tração perpendicular ao plano da chapa, resistência de delaminação e colagem interna;
- Tensão de tração paralela ao plano da chapa;
- Resistência da flexão estática paralela e perpendicular ao plano de chapa;
- Resistência a flexão dinâmica;
- Módulo de elasticidade e rigidez;
- Dureza superficial;
- Resistência ao cisalhamento paralelo e perpendicular ao plano da chapa.

#### Propriedades tecnológicas:

- Estabilidade dimensional;
- Trabalhabilidade, propriedades de usinagem;
- Capacidade de flexão (curvatura);
- Poder de retenção de prego;
- Poder de retenção de parafuso;
- Samblagens (junções);
- Colagem;
- Pinturabilidade;
- Chapeamento;
- Resistência à abrasão;
- Resistência contra a deterioração (contra insetos, corrosão química e reação ao fogo).

Segundo os autores AKERS (1966), boletins técnicos da BISON (1975 a e b e 1976), CARNOS (1976), DEPPE e ERNST (1964 e 1967), KOLLMANN et al. (1975), MITILIN (1968), MOSLEMI (1974), PLATH (1963) e norma

DIN 68.761, as propriedades das chapas de madeira aglomerada usualmente testadas no controle de qualidade final do produto acabado, destinado ao uso geral em ambientes internos, não sujeito às intempéries, são:

- 1) Densidade;
- 2) Teor de umidade;
- 3) Inchamento em 2 e 24 horas em imersão em água;
- 4) Tração perpendicular;
- 5) Flexão estática perpendicular.

Os testes aplicados têm importância direta nas propriedades da madeira aglomerada e refletem na sua capacidade de utilização. Determinar uma escala de importância é difícil, pois, há uma interrelação entre as propriedades, e dependem do tipo de trabalho ao qual o aglomerado é submetido. A área de influência das propriedades, de acordo com os autores AKERS (1966), DEPPE e ERNST (1964, 1967 e 1973), GINZEL e PERAZA (1966), KOLLMANN et al. (1975), MITLIN (1968), MOSLEMI (1974), PLATH (1963), é:

- Teor de umidade: tem influência direta na espessura das chapas, e conseqüentemente nos valores das propriedades, além de influenciar no comportamento dimensional e nas características de tratamento e de acabamento superficial do aglomerado em uso.
- Densidade: tem influência em todas as propriedades físicas, mecânicas e tecnológicas, porque está em função da umidade e quantidade de material (cepilho) usado, da quantidade de cola aplicada e de outros fatores, refletindo na compactação da chapa e no fechamento da camada superficial.
- Inchamento: serve para determinar o comportamento da madeira aglomerada sob a influência da umidade e seu valor varia em função das quantidades usadas de adesivo e de produtos repelentes à água. O teste em duas horas proporciona dados sobre o comportamento das chapas

quanto ao chapeamento e à pintura. Como o efeito de retardamento ao inchamento pelo produto hidrófobo é de pouco tempo sob a ação direta da água, pelo teste em 24 horas chega-se ao valor final de inchamento.

- Tração: serve para determinar a resistência da colagem, e tem influência na flexão, arrancamento de parafuso e de prego, na resistência ao chapeamento, aplicação de cavilha, etc.
- Flexão: fornece informações quanto à capacidade da chapa sob carga, apoiada nas extremidades. Seu valor serve para o dimensionamento das peças de aglomerado para uso de prateleiras, e tem influência na estabilidade dimensional.

Para o controle de qualidade da fabricação os autores DEPPE e ERNST (1964), MOSLEMI (1974) e o boletim técnico da BISON (1976), relacionam, ainda, alguns tópicos que devem ser controlados. A listagem destes controles, como não é de maior importância para este trabalho, está exposta no anexo número 1.

### 2.3.2 - FATORES QUE INFLUENCIAM AS PROPRIEDADES

Rigorosa investigação dos vários fatores que influenciam as propriedades da madeira aglomerada foi realizada para um contínuo melhoramento de suas qualidades. Os principais fatores a serem considerados, segundo KOLLMANN et al. (1975), são citados abaixo. Outros autores, como DEPPE e ERNST (1964 e 1973), MITLIN (1968) e MOSLEMI (1974, vol. 1 e 2), também concordam com estes fatores:

- Espécie de madeira, mistura de duas ou mais espécies, estrutura de fibra, densidade, dureza, compressibilidade).
- Forma e tamanho da matéria-prima (toras, costaneiras, refios, cepilhos, serragem, etc.).



- Madeira com casca ou madeira sem casca.
- Materiais ligno-celulósicos não de madeira, como linho, bagaço de cana e outros materiais vegetais.
- Tipo e tamanho das partículas (cortadas, desintegradas, cepilhos, tiras, serragem e pó).
- Método de secagem das partículas (temperatura, tempo de secagem, umidade mínima e remanescente).
- Peneiramento e separação das partículas (distribuição de tamanho expressa por curvas de frequência).
- Tipo e quantidade dos agentes de colagem (quantidade expressa como razão do peso dos sólidos resinosos para o peso de partículas secas (peso atre), catalizador, extensor, carga, aditivos, como repelentes de água, fungicida, inseticida, retardante ignífugo).
- Método de distribuição das partículas (estrutura do aglomerado: uma camada, multi-camada, graduada).
- Teor de umidade das partículas antes da prensagem, teor de umidade final da chapa, depois do acondicionamento.
- Condições de cura da cola e ciclos de prensagem (temperatura, pressão e tempo).
- Conteúdo de material abrasivo na chapa.
- Qualidade da superfície (lisura, aspereza, ondulação).

## 2.4 - CONTROLE DE QUALIDADE

### 2.4.1 - HISTÓRICO

O controle de qualidade não é inovação, porque já era realizado nas antigas indústrias, na forma de "inspeção", con-

Na produção primitiva, a qualidade do produto, dependia

da perícia do artesão. Há dois séculos, iniciou-se a produção em larga escala, e em 1840, introduziu-se o conceito básico de limite de tolerância com a "aceitação" das peças fabricadas. Em 1870, adotou-se a "aceitação, não aceitação", aperfeiçoando-se um pouco mais a "inspeção".

Por volta de 1900, adotaram-se as especificações de fabricação, para a normalização dos produtos.

Somente a partir de 1920, é que se desenvolveu o controle estatístico de qualidade, cuja aplicação, modernamente, vem se generalizando nas indústrias. O conceito de tolerância foi introduzido em 1923 por Shewhart, e estabelecida a porcentagem aceitável de peças defeituosas; em 1924, o mesmo autor esboçou o primeiro gráfico de controle de fabricação, considerando as variações que poderiam ocorrer, mesmo no processo de produção sob controle.

Desenvolveram-se, então, a inspeção por amostragem e o controle de fabricação, tornando possível, já na década dos anos 20, a aplicação de técnicas estatísticas no controle de qualidade.

Apesar das vantagens, as empresas, particularmente as norte-americanas, demoravam para aceitar as técnicas de controle estatístico, até que durante a Segunda Guerra Mundial, passaram a constituir exigência para os fornecimentos ao governo norte-americano. A grande experiência desenvolvida desde então, levou ao conhecimento das vantagens oferecidas pelo controle de qualidade, especialmente para a maior uniformidade de qualidade, com redução de refugos e diminuição dos custos.

Observou-se na Alemanha, após a Segunda Guerra, o aparecimento da indústria de chapas de madeira aglomerada, dificultada no início pela hesitação ante seu emprego na fabricação de móveis.

Segundo MITLIN (1968), quando foi quebrada a resistência ao emprego da madeira aglomerada na indústria de móveis, a produção de chapas aumentou rapidamente, causando o aparecimento de placas de má qualidade. As chapas de baixa qualidade representavam um perigo para os produtos de alta, porque o insucesso levava à gene-

ralização do material. Para proteger o mercado contra semelhantes perturbações criou-se a "Associação de qualidade de chapas de partículas" alemã, mas foi uma associação de fabricantes voluntários, que aceitou a responsabilidade de manter a qualidade das chapas, com a colaboração de associações técnicas e econômicas. As definições da qualidade alemã, são dadas na norma DIN 68.761, publicada em 1961.

Em meados de 1953, iniciaram-se as primeiras produções de madeira aglomerada em escala industrial no Brasil. Porém, somente em 1967, quando foram instaladas novas fábricas, é que este processo começou a ser encarado em toda a sua grande potencialidade para a indústria.

Pode-se afirmar que esta indústria entrou em seu apogeu a partir de 1969, quando as fábricas que já existiam foram ampliadas para aumentar a produção, e outras foram sendo criadas para suprir as necessidades do mercado consumidor, que nesta época já verificava a grande vantajosa aplicação de aglomerado.

As fábricas que se encontram em funcionamento no Brasil, durante o ano de 1978, são:

<u>Nome da fábrica</u>	<u>Localização</u>
- Alplan S.A. Ind. de Chapas de Madeira Aglomerada	Itapetininga - SP
- Ângelo Camilotti e Cia. Ltda.	Fco. Beltrão - PR
- Companhia Industrial Novopan	Simões Filho - BA
- Freudenberg S.A. Indústrias Madeireiras	Agudos - SP
- Indústrias Bonet S.A.	Santa Cecília - SC
- Madenor S.A. Indústria de Madeira Sintética e Estabilizada	Simões Filho - BA
- Madequímica S.A. Indústria de Madeira Termo-Estabilizada	Gravataí - RS
- Minasplac S.A. Indústria e Reflorestamento	Uberaba - MG
- Placas do Paraná S.A.	Curitiba - PR

- Plavigor S.A. Indústria e Comércio      Varginha - MG
- Satipel Industrial S.A.      Taquari - RS
- Solidor S.A. Elementos Pré-Fabricados para Construção      São Bernardo - SP

A quantidade requerida pelo mercado era cada vez maior, e o volume de chapas produzidas aumentava de ano para ano (quadro nº 1).

Quadro nº 1 - Evolução da produção de madeira aglomerada no Brasil, em metros cúbicos (fonte: BNDE, DEIOR/AP - 1975)

ANO	VOLUME
1971	157.648
1972	237.918
1973	329.259
1974	373.101
1975 (1)	137.477

(1) Produção até o mês de maio, inclusive.

A medida em que aumentava a produção de chapas de madeira aglomerada, novas aplicações para este produto iam surgindo, conquistando definitivamente o mercado consumidor. Entre as suas utilidades, destacam-se principalmente seus empregos para:

- Indústria moveleira: podem ser empregadas na confecção de móveis residenciais, escolares e de escritórios.
- Decoração de interiores: servem para revestimentos de paredes, forros, divisórias, armários embutidos, etc.
- Construção civil: utilizadas em casas pré-fabricadas.

- Transporte: adaptadas para as construções de interiores de navios, aviões, trens e ônibus.
- Indústrias em geral: excelentes para a confecção de envoltórios para os mais diversos aparelhos e máquinas, e também como embalagens.

No Brasil, as indústrias consomem madeira aglomerada em grande escala (quadro nº 2).

Quadro nº 2 - Distribuição setorial do consumo de madeira aglomerada no Brasil, em metros cúbicos (fonte: BNDE - DEIOR/AP)

	1973		1974 (1)	
	VOLUME CONSUMIDO	%	VOLUME CONSUMIDO	%
Móveis	204.394	62	118.181	62
Revendedores	35.155	11	24.450	13
Revestimento	3.587	1	48	0
Embalagem	1.415	0	79	0
Construção civil	50.161	15	17.761	9
Embalagem para eletrodomésticos	11.649	3	8.202	4
Diversos	22.711	8	22.882	12
<b>T O T A L</b>	<b>329.072</b>	<b>100</b>	<b>191.403</b>	<b>100</b>

(1) 1º semestre.

#### 2.4.2 - FINALIDADE

A FAO, através de sua publicação sobre chapas de madeira aglomerada (1959), informa que a principal finalidade do controle de qualidade é comprovar a qualidade do produto que se fabrica, com o objetivo de poder adotar as medidas necessárias para

assegurar uma produção contínua que cumpra com os requisitos pretendidos, e com as exigências que se derivam dos ensaios de aceitabilidade.

DEPPE e ERNST (1964) salientam que o controle de qualidade é uma nova técnica utilizada para a obtenção de um produto com melhores e mais uniformes características, servindo para controlar as variações do processo, mantendo estável a qualidade do produto.

LOURENÇO FILHO (1974) considera como objetivo do sistema de controle: estabelecer, melhorar e assegurar a qualidade da produção, representando um método de coordenação das atividades da empresa, e para isto requerendo a participação geral e o esforço comum e cooperativo.

Sintetizando vários autores, MOSLEMI (1974) constata que o controle de qualidade objetiva o controle da integridade do produto, o que assegurará um comportamento satisfatório de uso. Correlaciona as principais funções do controle de qualidade, como sendo:

- Especificar os padrões a serem mantidos pelo produto;
- Avaliar em bases contínuas, se a série dos padrões está sendo mantida;
- Tomar medidas para corrigir a propriedade que cairia fora dos limites determinados;
- Analisar e estudar os dados acumulados em uma investigação para possíveis melhoramentos;
- Redigir planos de trabalho para executar os melhoramentos.

#### 2.4.3 - ESTÁGIOS

O sistema de controle de qualidade está dividido em 3 ou 4 estágios, dependendo dos autores.

DEPPE e KURT (1964) e o boletim técnico da BISON (1976), consideram 3 estágios, que são:

- Controle inicial: que serve para examinar e testar as matérias primas e auxiliares.
- Controle de produção: examina e conduz a produção através de testes e medições periódicos, para manter estável a qualidade do produto.
- Controle final: destina-se à verificação de testes explícitos e provas feitos ao acaso, com os quais analisa e segue de perto as variações do produto e do processo.

LOURENÇO FILHO (1974) e PALMER (1974), além destes três estágios, consideram mais um, anterior a eles, que é:

- Controle de novos projetos: onde é avaliada e planejada a qualidade do produto e a capacidade do processo.

#### 2.4.4 - CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE

Um dos propósitos do controle estatístico de qualidade é obter informações sobre o comportamento da fabricação do produto, por meio de dados obtidos com os valores observados, que devem cair dentro dos intervalos permitidos pela média e pelo desvio-padrão, na hipótese de uma distribuição normal, conforme é observado por PARADINE e RIVETT (1974).

GRANT e LEAVENWORTH (1972) indicam que a aplicação dos métodos de controle torna possível a diagnose e correção de algumas variações na produção, trazendo melhoramentos substanciais para a qualidade do produto e reduzindo o período de produção danificada.

PALMER (1974) ressalta que o objetivo das técnicas estatísticas é o estudo da variabilidade que ocorre dentro da produ-

ção, bem como a sua medida, o que leva a um aperfeiçoamento das técnicas e habilidade, visando reduzir a variação excessiva.

## 2.5 - GRÁFICOS DE CONTROLE DE QUALIDADE

### 2.5.1 - TEORIA

A forma mais usual de demonstrar um controle de qualidade é expressá-lo através dos gráficos de controle.

Todo processo produtivo, funcionando sem falha ou desgaste, apresenta variações nas propriedades dos produtos, e esta variabilidade não provoca alterações em sua qualidade, porque é devida a causas aleatórias, e a ocorrência de causas identificáveis fará com que o processo fique fora de controle, visto supor-se que os elementos produzidos possuem distribuição normal.

Sob a hipótese de uma distribuição normal, um dos propósitos da aplicação do controle estatístico de qualidade é obter informações sobre a produção, analisando os valores observados e comparando com a variabilidade esperada.

Com base neste critério, o uso dos gráficos de controle de qualidade atende a duas finalidades:

- Para a implantação de um sistema de controle de qualidade, quando não existir padrões estabelecidos, a média e os limites de controle são baseados somente nas informações fornecidas pelas amostras, para verificar se o processo está sob controle, isto é, a sua estabilidade.
- Quando já há especificações estabelecidas, determinando a média e os limites de controle, o uso dos gráficos, através das informações obtidas das amostras, servirá para verificar se o processo mantém-se sob controle, dentro do nível de qualidade especificado.



A construção dos gráficos de controle, obedece ao sistema cartesiano, onde no eixo da abscissa marcam-se os números das amostras, em ordem cronológica, dando uma idéia da ordem em que foram coletadas, e no eixo da ordenada são colocados os valores calculados para a média e para os limites, sendo que destes pontos saem linhas paralelas à abscissa. Os valores das amostras são marcados nestes gráficos, permitindo detectar as mudanças no processo, assim que ocorram, EKAMBARAM (1971 e 1972), LOURENÇO FILHO (1974), PALMER (1974), PARADINE e RIVETT (1974).

## 2.5.2 - LIMITES DE ADVERTÊNCIA E DE CONTROLE

Para os cálculos dos limites de advertência e de controle, o nível de probabilidade usada varia de um sistema para outro, dependendo do país em que é utilizado.

Para os limites de controle, de modo geral, a indústria adota os limites de  $3\sigma$ , mas outros podem ser usados, conforme MAYER (1972).

O sistema americano (normas ASA e ASTM) determina duas zonas, sendo:

Zona I: Denominada zona de controle, correspondendo à faixa delimitada pelos limites de  $\mu \pm 3\sigma$ .

Zona II: denominada zona de falta de controle, corresponde à faixa fora dos limites de  $\mu \pm 3\sigma$ . Mesmo que o processo esteja sob controle, há a probabilidade de que ocorram 3 pontos em cada 1.000 fora dos limites, BROWN e BETHEL (1965), LEAL (1969), LOURENÇO FILHO (1974) e outros.

O sistema inglês (norma BS 600 R) considera três zonas LEAL (1969) e LOURENÇO FILHO (1974):

Zona I: chamada de zona de controle, tem seus limites traçados no intervalo de  $\mu \pm 1,96\sigma$ .

Zona II: chamada de zona de advertência, tem seus limites traçados no intervalo de  $\mu \pm 3,09\sigma$ .

Zona III: chamada de zona de ação, tem sua faixa de ação fora dos limites de  $\mu \pm 3,09\sigma$ .

O sistema alemão de controle para chapas de madeira aglomerada, boletins técnicos da BISON (1975 a e b), DEPPE e ERNST (1964) PLATH (1963), também consideram três zonas:

Zona I: é a zona de controle, com seus limites traçados no intervalo de  $\mu \pm 2\sigma$ .

Zona II: é a zona de advertência, com seus limites traçados no intervalo de  $\mu \pm 3\sigma$ .

Zona III: é a zona de ação, com sua faixa de ação fora dos limites de  $\mu \pm 3\sigma$ .

### 2.5.3 - TIPOS

Para as características mensuráveis existem os gráficos da média e os gráficos da dispersão.

Gráficos da média: são usados para localizar os valores das médias das amostras e verificar se estão dentro das especificações. Os seus limites podem ser calculados pelo desvio-padrão ou pela amplitude média. DEPPE e ERNST (1964), LEAL (1969), MAYER (1972) e PLATH (1963).

Segundo o boletim técnico da BISON (1975 a e b), DEPPE e ERNST (1964) e PLATH (1963), em seus trabalhos, a madeira aglomerada é um material heterogêneo, e os limites de controle calculados pelo desvio padrão, devem ser feitos pelo desvio-padrão para populações heterogêneas, calculado pela seguinte fórmula:

$$S_m = \sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2}{n}}$$

onde:

$S_m$  = desvio-padrão para população heterogênea

$s_1^2$  = variância entre chapas

$s_2^2$  = variância dentro das chapas

$n$  = número de corpos de prova da amostra.

Gráficos da dispersão: servem para localizar os valores da dispersão dentro das amostras e verificar se a dispersão desejada está sendo mantida. Os seus limites podem ser calculados pelo desvio-padrão ou pela amplitude  $R$ . DEPPE e ERNST(1964), LOURENÇO FILHO (1974), MAYER (1972), PLATH (1963) e outros.

#### 2.5.4 - INTERPRETAÇÃO

De acordo com o boletim da GENERAL ELECTRIC (1975), LEAL (1969), MAYER (1972) e PALMER (1974), na análise dos gráficos de controle, devem ser observados os seguintes itens:

- 1) Condições normais: todos os valores estão bem distribuídos em torno da linha central média, sem configuração especial, dentro dos limites de controle calculados, não ocorrendo alteração na população e permitindo ao processo continuar sem interferência.
- 2) Condições anormais: quando algum valor cair fora dos limites de controle, indicará que o processo está fora de controle.

Outros indícios, ainda, devem ser observados, como a sequência da distribuição dos pontos ao longo da linha central. Muitas empresas adotam métodos e cálculos de probabilidade, segundo o boletim da GENERAL ELECTRIC (1975) e MAYER (1972) que afirmam que houve uma mudança na população, se:

- Mais de 7 pontos contínuos caírem em um só lado da li

nha central.

- De 11 pontos contínuos, 10 caírem em um só lado da linha central.
- De 14 pontos contínuos, 12 caírem em um só lado da linha.
- De 17 pontos contínuos, 14 caírem em um só lado da linha central.
- De 20 pontos contínuos, 16 caírem em um só lado da linha central.
- Tendência de subir ou descer por mais de 7 pontos contínuos.
- Oscilação de dados, quando grupos de 3 a 4 pontos contínuos, seguidamente estiverem acima ou abaixo da linha central.

Uma boa especificação de uma propriedade sob controle, terá seu valor nominal coincidente com o valor médio do processo, e uma tolerância bilateral igual aos limites de controle inferior e superior, do processo. A partir disto, surgem 3 casos:

- Quando as tolerâncias do processo não coincidirem com as especificações da produção, o processo terá que ser reajustado com relação à média ou à dispersão, ou as especificações terão que sofrer reajustes.
- Quando as tolerâncias do processo forem mais amplas que as especificações de produção, significa que as determinações estabelecidas são muito rigorosas, o que poderá ocasionar, inevitavelmente, a ocorrência de uma quantidade de peças inaceitáveis maior do que a referente à especificada, mesmo que os valores das amostras caiam dentro dos limites determinados nos gráfi-cos.
- Quando as tolerâncias do processo forem mais estreitas que as especificações da produção, significa que as tolerâncias especificadas foram estabelecidas sem

o conhecimento da real capacidade do processo, ou escolheu-se um processo de tolerâncias muito estreitas. Como consequência ter-se-á um produto de qualidade superior à especificada como necessária, a um maior custo de fabricação. LOURENÇO FILHO (1974), MOSLEMI (1974), PALMER (1974) e outros.

## 2.6 - PLANO DE AMOSTRAGEM

### 2.6.1 - AMOSTRAGEM

O plano de amostragem determina o tamanho da amostra e o critério para a aceitação de cada lote a ser inspecionado.

Para a determinação do critério para a aceitação, deve-se estabelecer o nível de qualidade aceitável (NQA) do processo, isto é, o número máximo de defeituosos toleráveis na amostra.

Para a produção em série de um modo geral, a ABNT (1977), EKAMBARAM (1971), LOURENÇO FILHO (1974) e outros, oferecem vários planos de amostragem para a inspeção de qualidade por variáveis e por atributos.

Segundo estas recomendações, para o caso específico da produção de chapas de madeira aglomerada, estipulando-se lotes de 500 chapas (24 horas de produção), e o nível de qualidade aceitável (NQA) da soma dos defeitos por unidade amostral de 1%, o plano de amostragem seria o seguinte:

Tamanho do lote: 500 chapas (24 horas de produção)

Nível de qualidade aceitável (NQA): 1%

Nível de inspeção: comum

Tipo de amostragem: simples

definições segundo LOURENÇO FILHO (1974), pg 127.

Com estes elementos, determinam-se através do quadro de código de letras de tamanho de amostras (ver quadro nº 3) e do

quadro de planos de amostragem simples, inspeção comum (ver quadro nº 4), o número de elementos da amostra e os números de aceitação (a) e de rejeição (r) do lote, obtendo-se os seguintes resultados:

$n = 50$  chapas (correspondendo a 10% do lote)

$a = 1$

$r = 2$

Para melhor esclarecimento segue abaixo, o gráfico da curva característica operacional deste plano de amostragem.

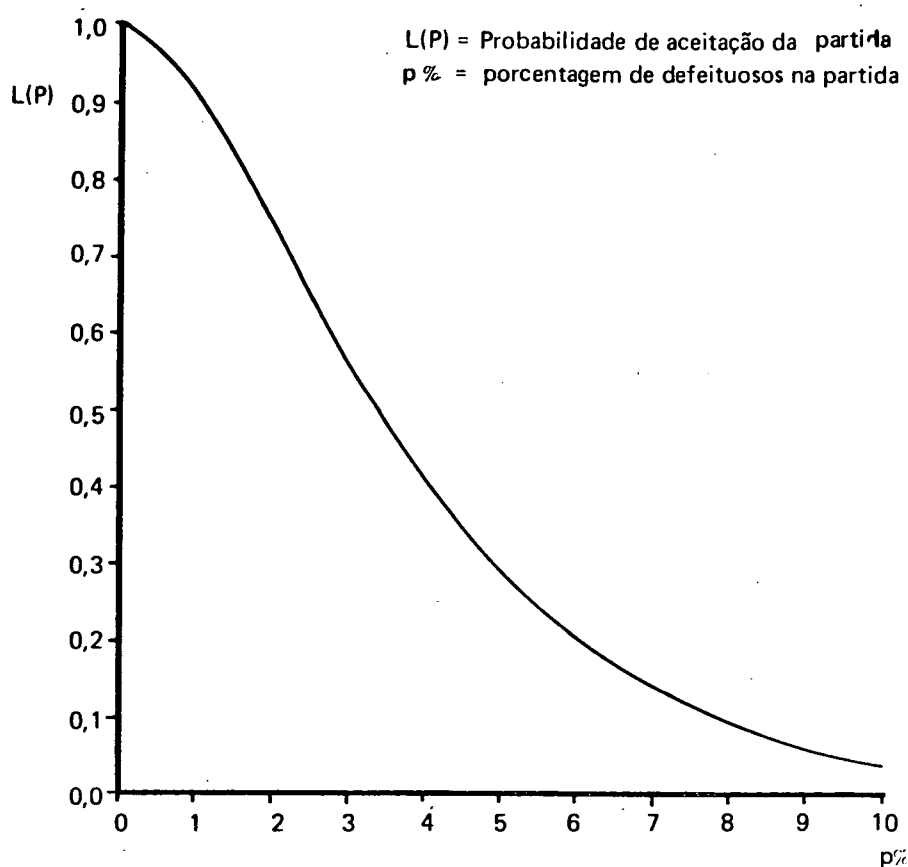


FIGURA Nº 2 - CURVA CARACTERÍSTICA OPERACIONAL PARA O PLANO DE AMOSTRAGEM

$N = 500$

$n = 50$

$a = 1$

Na indústria de chapas de madeira aglomerada, cujo produto final representa um alto valor comercial, o controle de qualidade realizado na base de 50 chapas por amostra é antieconômico, e portanto inviável.

A literatura específica ao controle de qualidade de chapas de madeira aglomerada, com relação as propriedades mensuráveis recomenda, como adequado, o exame de 1 a 2 chapas por dia, em condições normais, quando o processo está sendo mantido sob controle, MOSLEMI (1974). Segundo PLATH (1963), o número mínimo de chapas testadas por turno deve ser uma. Conforme DEPPE e ERNST (1964), a quantidade de chapas testadas comparadas com a produção, nas diversas indústrias, varia de 0,2 a 1%, porque este é o intervalo de uma amostragem econômica.

Para os testes de controle de qualidade a amostragem deve ser feita aleatoriamente, para se obter uma maior representação, e o número de amostras, denominadas de K, necessário para a confecção dos gráficos de controle, varia de 20 a 25. BISON (1975), DEPPE e ERNST (1964), LOURENÇO FILHO (1974) e outros.

Quadro nº 3 - Norma ABC-STD-105  
Código de Letras de Tamanho de Amostras

TAMANHO DO LOTE OU PARTIDA	NÍVEIS ESPECIAIS DE INSPEÇÃO				NÍVEIS GERAIS DE INSPEÇÃO		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 e mais	D	E	H	K	N	Q	R

Fonte: LOURENÇO FILHO (1974) pg. 204.

Quadro nº 4 - Norma ABC-STD-105  
Planos de Amostragem Simples, Inspeção Comum  
(Tabela principal)

Letra da Amostra	Tamanho da Amostra	Níveis de Qualidade Aceitável NQA (% ou defeitos por 100 unidades) Inspeção Comum															
		0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100
		a r	a r	a r	a r	a r	a r	a r	a r	a r	a r	a r	a r	a r	a r	a r	a r
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 ↑ 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 ↓ 1	0 ↓ 1	↓	↓	1 ↓ 2	2 3	3 4	5 6	7 8
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
K	125	0 ↑ 1	↑	1 ↓ 2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑
L	200	↓	1 ↓ 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N	500	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
P	800	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Q	1250	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
R	2000	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

↓ - Empregue o primeiro plano abaixo da seta. Quando o tamanho da amostra for igual ou maior do que o tamanho da partida, realize inspeção completa.  
↑ - Empregue o primeiro plano acima da seta.  
a - Número de Aceitação.  
r - Número de Rejeição.

Fonte: LOURENÇO FILHO (1974) pg. 205.

2.6.2 - CORPOS DE PROVA

As normas de controle determinam a coleta dos corpos de prova do meio das chapas. Mas, em virtude do custo do material em estudo e, para não se perder a chapa, os corpos de prova são tirados de uma faixa transversal de 30cm de largura, cortada a 10cm da extremidade da chapa, tendo em vista a comercialização das mesmas. DEPPE e ERNST (1964).

A especificação do número de corpos de prova por chapa para as propriedades a serem testadas é muito variável, conforme os autores. DEPPE e ERNST (1964) recomendam 5 corpos de prova para cada propriedade; LOURENÇO FILHO (1974) sugere de 4 a 5; PLATH (1963) especifica 10 e as normas DIN especificam conforme o quadro que segue:



Quadro nº 5 - Número de corpos de prova para cada propriedade estudada, segundo a norma DIN 68761

NORMA DIN Nº	PROPRIEDADES	Nº DE CORPOS DE PROVA POR CHAPA
52.361	Densidade	3
52.361	Teor de umidade	3
52.364	Inchamento em 2 e 24 horas	10
52.365	Tração perpendicular	10
52.362	Flexão estática perpendicular	5

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 - LOCAL DE ESTUDO

O presente trabalho foi realizado nas instalações industriais de uma fábrica nacional, durante o ano de 1976.

A empresa trabalha em regime de 24 h/dia, dividido em 3 turnos de 8 horas, com 3 linhas de produção, todas com o sistema "Bison".

Iniciou sua atividade industrial em 1966, com a instalação da primeira linha de produção, chamada de Linha I, cuja produção média diária é de  $40\text{m}^3$  de chapas com dimensões de  $3,50\text{m} \times 1,70\text{m}$ .

Em 1969 foi ampliada, com a instalação da segunda linha de produção, chamada de Linha II, com a produção média diária de  $120\text{m}^3$  de chapas com dimensões de  $11,01\text{m} \times 1,85\text{m}$ , que são divididas em 3 chapas de comprimento standard de  $3,67\text{m}$ .

Em 1975, foi instalada a terceira linha de produção, a Linha III, cuja produção média diária é de  $200\text{m}^3$  de chapas com dimensões de  $14,70\text{m} \times 1,85\text{m}$ , divididas em 4 chapas de comprimento standard de  $3,67\text{m}$ .

Todas as 3 linhas podem produzir chapas de diferentes espessuras, que variam de 8 a 40mm e, as chapas das linhas II e III podem ser divididas em outros comprimentos, conforme a solicitação do mercado consumidor.

#### 3.2 - CHAPAS DE MADEIRA AGLOMERADA

Foram usadas chapas comerciais de madeira aglomerada, tipo standard, climatizadas e lixadas, com a espessura de 15mm, das 3 linhas de produção, destinadas ao uso geral em ambientes internos.

### 3.3 - PLANO DE AMOSTRAGEM

Seguindo as recomendações de DEPPE e ERNST (1964), o plano de amostragem consistiu em analisar uma chapa, escolhida ao acaso, pertencente a cada lote de 24 horas de produção, a qual representava, em termos percentuais, 0,2%. Foram analisadas 25 chapas de cada linha de produção.

A produção trabalhava de acordo com as ordens de fabricação, as quais especificavam o número, tipo e bitola das chapas a serem prensadas. As ordens de fabricação, normalmente eram determinadas para um período mínimo de 24 horas e máximo de 48 a 72 horas de prensagem.

Como eram fabricadas dois tipos de chapas em várias bitolas, freqüentemente ocorria um intervalo de tempo razoavelmente grande entre a produção de chapas do mesmo tipo e bitola.

Em virtude disto, a coleta das chapas tipo standard, de 15mm de espessura estudadas neste trabalho, para cada linha de produção, realizou-se no período de janeiro a dezembro de 1976.

### 3.4 - SISTEMA DE COLETA

#### 3.4.1 - EXTRAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para os testes, de cada chapa foi cortada uma faixa transversal de 30cm de largura, conforme DEPPE e ERNST (1964). Desta faixa, foram cortadas 3 réguas de 10cm de largura, das quais eram tirados os corpos de prova, seguindo um esquema pré-determinado e as especificações das normas DIN.

Para a coleta das faixas transversais nas chapas, foram estabelecidos diferentes critérios para cada linha, em virtude dos diferentes comprimentos das mesmas.

Para a Linha I, cujas chapas têm o comprimento de 3,50m, a coleta das faixas respeitou a ordem de se tirar alternadamente,

ora da parte anterior, ora da parte posterior, em relação à sua posição na saída da prensa. (Fig. 3a).

Para a Linha II, cujas chapas têm o comprimento de 11,01m, divididas em 3 pedaços de 3,67m, chamados de A, B e C, as faixas foram coletadas alternadamente na linha de divisão entre A e B e na linha de divisão entre B e C (Fig. 3b).

Para a Linha III, cujas chapas têm o comprimento de 14,70m, divididas em 4 pedaços de 3,67m, chamados de A, B, C e D, as faixas foram coletadas alternadamente nas linhas de divisões entre A e B, B e C e C e D (Fig. 3c).

#### 3.4.2 - CORPOS DE PROVA PARA OS TESTES

O número de corpos de prova usado para cada propriedade, por amostra, conforme recomendações das normas DIN e DEPPE e ERNST (1964), foi o seguinte:

Quadro nº 6 - Número de Corpos de Prova Usado nos Testes

PROPRIEDADES	Nº DE CORPOS DE PROVA
Densidade ( $\text{kg/m}^3$ )	10
Teor de umidade (%)	5
Inchamento em 2 e 24 horas (%)	5
Tração perpendicular ( $\text{kg/cm}^2$ )	10
Flexão estática perpendicular ( $\text{kg/cm}^2$ )	5

Visando-se uma melhor distribuição dos corpos de prova sobre as faixas cortadas, fez-se uma coleta sistemática. Para as propriedades estudadas, riscava-se sobre a faixa a posição dos corpos de prova, que recebiam uma numeração crescente de 1 a 35, conforme mostra a figura nº 4.

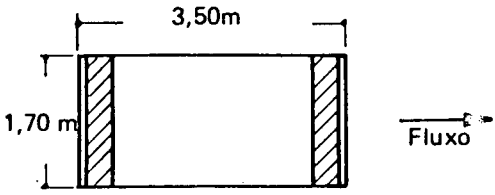


FIGURA Nº 3a - CHAPA DA LINHA I, DE 3,50m x 1,70m

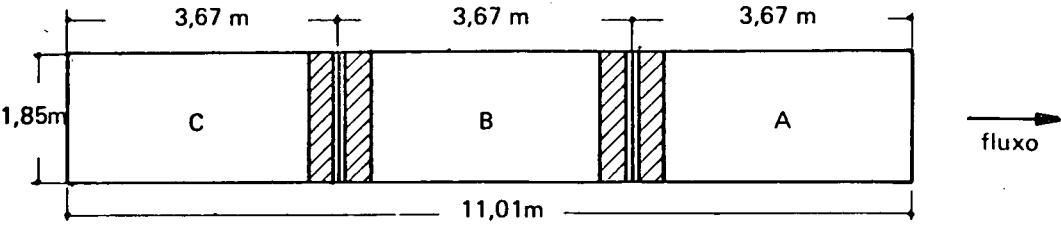


FIGURA Nº 3b - CHAPA DA LINHA II, DE 11,01m x 1,85m

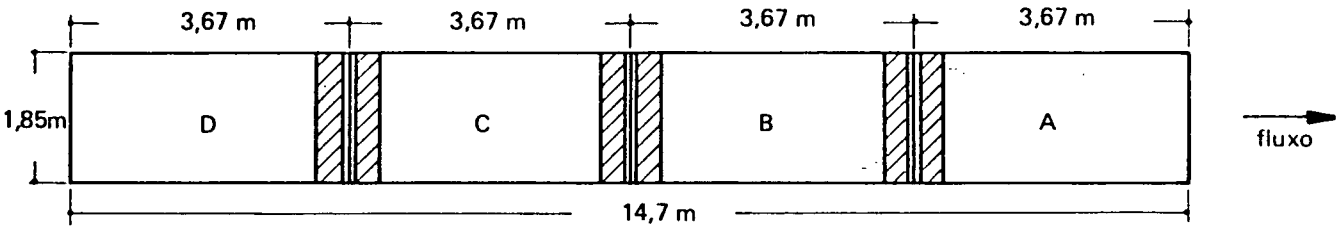


FIGURA Nº 3c - CHAPA DA LINHA III, DE 14,70m x 1,85m



FAIXA TRANSVERSAL PARA COLETA DOS CORPOS DE PROVA.

FIGURA Nº 3 - ESQUEMA DE COLETA DAS AMOSTRAS(FAIXAS TRANSVERSAIS) NAS CHAPAS, VISTAS DE CIMA

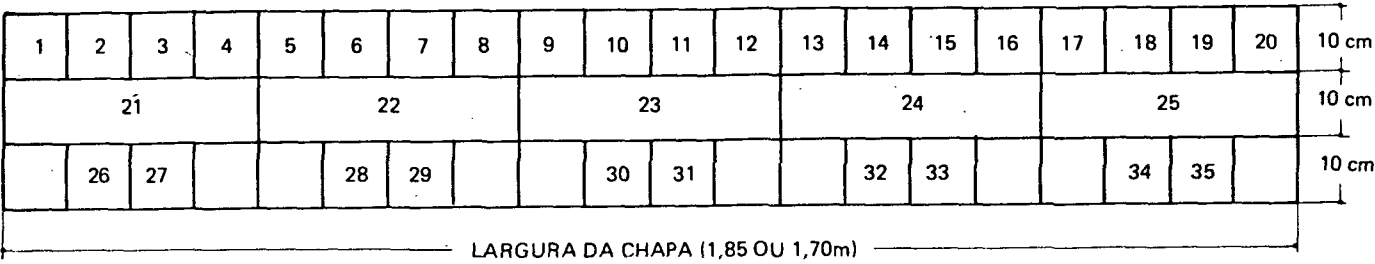


FIGURA Nº 4 - DISTRIBUIÇÃO DOS CORPOS DE PROVA NA AMOSTRA (FAIXA TRANSVERSAL)

- teste de densidade: corpos de prova nºs 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19
- teste de tração: corpos de prova nºs 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20
- teste de flexão: corpos de prova nºs 21, 22, 23, 24, 25
- teste de umidade: corpos de prova nºs 26, 28, 30, 32, 34
- teste de inchamento em 2 e 24hs: corpos de prova nºs 27, 29, 31, 33, 35

Para a preparação dos corpos de prova, baseou-se nas normas DIN, que determinam as dimensões dos mesmos para cada propriedade, como segue:

Quadro nº 7 - Dimensões dos corpos de prova para as chapas de 15mm de espessura, segundo as normas DIN

PROPRIEDADES	NORMAS DIN Nº	DIMENSÕES DOS CORPOS DE PROVA (mm)
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	52.361	50x50
Teor de umidade (%)	52.361	50x50
Inchamento em 2 e 24 horas (%)	52.364	25x25
Tração perpendicular (kg/cm <sup>2</sup> )	52.365	50x50
Flexão estática perpendicular (kg/cm <sup>2</sup> )	52.362	250x50

### 3.5 - TESTES REALIZADOS

#### 3.5.1 - ESPECIFICAÇÕES DA PRODUÇÃO

As chapas de madeira aglomerada eram fabricadas obedecendo as especificações das normas DIN, AFNOR e especificações técnicas próprias da empresa.

Para as características de qualidade estudadas neste trabalho, o processo de produção baseou-se nos valores normalizados pela norma DIN 68.761 e normas próprias da empresa.

A norma DIN 68.761, especifica os valores para as chapas planas prensadas, com espessura de 6 até 50mm, destinadas à aplicações gerais, como fabricação de móveis, paredes divisórias, etc., conforme quadro abaixo:

Quadro nº 8 - Norma DIN - Valores normalizados para a fabricação de chapas destinadas ao uso geral em ambientes internos, conforme a norma DIN 68.761.

ESPESSURA DA CHAPA (mm)	PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS				
	FLEXÃO (kg/cm <sup>2</sup> ) F ⊥	TRAÇÃO (kg/cm <sup>2</sup> ) T ⊥	TEOR DE UMIDADE (%)	INCHAMENTO 2 HORAS (%)	INCHAMENTO 24 HORAS (%)
6 a 13	200	4,0	9±3	6	15
acima 13 a 20	180	3,5	9±3	6	15
acima 20 a 25	150	3,0	9±3	6	15
acima 25 a 32	120	2,4	9±3	6	15
acima 32 a 40	100	2,0	9±3	6	15
acima 40 a 50	80	2,0	9±3	6	15

A propriedade densidade não tem seu valor especificado por normas, pois está na dependência do tipo de chapa, da matéria-prima, do processo de fabricação e das exigências do mercado.



Na fabricação das chapas de madeira aglomerada os valores da densidade variam em função da espessura, e a faixa de tolerância era de 4% da média. Para as chapas tipo standard, de 15mm de espessura, o valor especificado pelas normas próprias, para a média da densidade, era considerado de  $700 \text{ kg/m}^3$ , e o intervalo de variação era de  $672 \text{ kg/m}^3$  a  $728 \text{ kg/m}^3$ .

### 3.5.2 - DESCRIÇÃO DOS TESTES

Os testes foram sobre as características físico-mecânicas, e realizaram-se de acordo com as normas DIN para madeira aglomerada (veja quadros 6 e 7).

Depois de realizados os testes, os valores eram colocados em tabelas, para serem usados nos cálculos estatísticos e cálculos dos gráficos de controle. Os testes realizados foram os seguintes:

Teste de densidade: Para a determinação da densidade (D), foram tirados 10 corpos de prova por amostra, confeccionados com a precisão de 0,1mm e pesados com a precisão de 1,0g (DIN 52.361). Sendo definida pelo quociente entre o peso e o volume do corpo de prova, o seu valor é dado em  $\text{g/cm}^3$  ou  $\text{kg/m}^3$  pela seguinte fórmula:

$$D = \frac{M}{V} \quad (\text{g/cm}^3) \text{ ou } (\text{kg/m}^3)$$

onde:

D = densidade calculada

M = massa em g ou kg

V = volume em  $\text{cm}^3$  ou  $\text{m}^3$

Teste de teor de umidade: o teor de umidade (U) em %, é a relação da diferença entre o peso Pu da amostra úmida no momento da coleta e o peso Po da amostra seca no momento da constância de peso. Para a determinação de seu valor, foram tirados 5 corpos de prova, por amostra, pe

pesados com a precisão de 0,1g e o seu valor arredondado para 0,1%, usando-se a fórmula que segue (DIN 52.361):

$$U\% = \frac{P_u - P_o}{P_o} \cdot 100$$

onde:

$U\%$  = valor do teor de umidade em %

$P_u$  = peso úmido em g

$P_o$  = peso seco (atmo) em g

Teste de inchamento: Este foi feito em dois períodos de imersão em água, para 2 e 24 horas, e é dado pela relação da diferença entre a espessura  $E_f$ , no estado inchado, e a espessura  $E_i$ , no estado climatizado. Para a sua determinação foram tirados 5 corpos de prova por amostra, cortados com a precisão de 0,1mm e o seu valor arredondado para 0,1%, usando-se a fórmula que segue (DIN 52.364):

$$I\% = \frac{E_f - E_i}{E_i} \cdot 100$$

onde:

$I\%$  = valor do inchamento em %

$E_f$  = espessura do corpo de prova no estado inchado, em mm

$E_i$  = espessura do corpo de prova no estado climatizado, em mm.

Teste de tração perpendicular: A tração perpendicular ( $T_L$ ) foi feita em relação ao plano vertical à superfície da chapa, sendo definida como o quociente da força máxima de tração  $P_{max}$  e a área da superfície do corpo de prova. Para este teste, foram tirados 10 corpos de prova, por amostra, cortados com a precisão de 0,1mm, e o seu valor, arredondado para 0,1 kg/cm<sup>2</sup>, é dado pela seguinte fórmula (DIN 52.365):

$$T_{\perp} = \frac{P_{\max}}{A} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

onde:

$T_{\perp}$  = tensão de tração perpendicular em  $\text{kg/cm}^2$

$P_{\max}$  = carga máxima aplicada no momento de ruptura em kg

$A$  = área da superfície do corpo de prova em  $\text{cm}^2$

Teste de flexão estática perpendicular: O teste de flexão perpendicular ( $F_{\perp}$ ) foi feito em relação ao plano vertical à superfície da chapa, e é definido como o coeficiente do momento  $M$  da flexão da força máxima  $P_{\max}$  e do momento de resistência  $W$ . Para a sua determinação, foram tirados 5 corpos de prova por amostra, cortados com a precisão de 0,1mm e com o seu valor arredondado para 1  $\text{kg/cm}^2$ , usa-se a fórmula dada a seguir (DIN 52.362):

$$F_{\perp} = \frac{3 P_{\max} L}{2 B E^2} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

onde:

$F_{\perp}$  = tensão de flexão perpendicular em  $\text{kg/cm}^2$

$P_{\max}$  = carga máxima de ruptura em kg

$L$  = distância entre os apoios em cm

$B$  = largura do corpo de prova em cm

$E$  = espessura do corpo de prova em cm

### 3.6 - CÁLCULO DOS LÍMITES DE CONTROLE

Para o cálculo dos limites de advertência e de controle, empregados no gráfico de controle da média calculado pelo desvio-padrão, ao nível de  $\bar{X} \pm 2\sigma$  e  $\bar{X} \pm 3\sigma$ , respectivamente, usou-se o sistema alemão.

Para o cálculo dos limites de controle do gráfico da dis

persão, usou-se o sistema de gráfico da amplitude R para  $\sigma$  desconhecido. Os limites calculados, ao nível de probabilidade de 99,73% estão em função do número de corpos de prova, por propriedade testada na amostra, sendo empregada a fórmula que segue abaixo, onde os coeficientes  $D_3$  e  $D_4$ , estão no quadro nº 9, recomendado pela ASTM:

$$LCI = \bar{R} \cdot D_3$$

$$LCS = \bar{R} \cdot D_4$$

onde:

LCI = limite de controle inferior

LCS = limite de controle superior

$\bar{R}$  = amplitude média das amostras

$D_3$  = coeficiente tabelado para LCI

$D_4$  = coeficiente tabelado para o LCS

Quadro nº 9 - Fatores para Cálculo dos Limites em Gráficos de Controle (sistema Norte-Americano)

Tamanho da amostra n	Gráfico da média Limites de controle			Gráfico da amplitude						Gráfico do desvio-padrão					
				Linha média		Limites de controle				Linha média		Limites de Controle			
	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	c <sub>2</sub>	1/c <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>
2	2,121	3,760	1,880	1,128	0,853	0	3,686	0	3,267	0,5642	1,7725	0	1,843	0	3,267
3	1,732	2,394	1,023	1,693	0,888	0	4,358	0	2,575	0,7236	1,3820	0	1,858	0	2,568
4	1,500	1,880	0,729	2,059	0,880	0	4,698	0	2,282	0,7979	1,2533	0	1,808	0	2,266
5	1,342	1,596	0,577	2,326	0,864	0	4,918	0	2,115	0,8407	1,1894	0	1,756	0	2,089
6	1,225	1,410	0,483	2,534	0,848	0	5,078	0	2,004	0,8686	1,1512	0,026	1,711	0,030	1,970
7	1,134	1,277	0,419	2,704	0,833	0,205	5,203	0,076	1,924	0,8882	1,1259	0,105	1,672	0,118	1,882
8	1,061	1,175	0,373	2,847	0,820	0,387	5,307	0,136	1,864	0,9027	1,1078	0,167	1,638	0,185	1,815
9	1,000	1,094	0,337	2,970	0,808	0,546	5,394	0,184	1,816	0,9139	1,0942	0,219	1,609	0,239	1,761
10	0,949	1,028	0,308	3,078	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777	0,9227	1,0837	0,262	1,584	0,284	1,716

(Reprodução parcial do "ASTM" — Manual on Quality Control of Materials", 1951)

#### **4. RESULTADOS**

#### 4. - RESULTADOS

Para a elaboração deste trabalho de controle estatístico de qualidade, foram realizados os cálculos estatísticos para determinação do número de corpos de prova necessário por amostra, para atender a precisão especificada, da análise de variância e dos limites de controle dos gráficos da média e da amplitude, para cada propriedade estudada por linha de produção.

##### 4.1. - NÚMERO DE CORPOS DE PROVA NECESSÁRIO POR AMOSTRA

O número de corpos de prova necessário para cada propriedade estudada determinado através de cálculos estatísticos, foi menor do que o usado na amostragem, que foi de 5 corpos de prova para as propriedades teor de umidade, inchamento em 2 e 24 hs. e flexão estática perpendicular, e de 10 corpos de prova para as propriedades densidade e tração perpendicular, segundo DEPPE e ERNST (1964), PLATH (1963) e Normas DIN (52.361 e 52.365). De cada linha de produção escolheu-se, aleatoriamente, uma chapa, da qual foram cortados 20 corpos de prova para o teste de cada propriedade. Os cálculos foram feitos ao nível de 95% de probabilidade e com o limite de erro fixado em 5%, cujos resultados estão nos quadros nºs 10, 11 e 12 a seguir:

Quadro nº 10 - Resultados dos cálculos estatísticos para a determinação do número necessário de corpos de prova para as propriedades testadas das chapas da Linha I.

DISCRIMINAÇÃO	Densidade kg/m <sup>3</sup>	Teor de U- midade %	Inchamento em 2 hs %	Inchamento em 24 hs %	Tração per- pendicular kg/cm <sup>2</sup>	Flexão Es- tática per- pendicular kg/cm <sup>2</sup>
Somatória	14.121	161,8	84,0	280,3	114,5	4.069
Média	706	8,1	4,2	14,0	5,7	203
Variância	284,789	0,113	0,036	0,421	0,118	59,839
Desvio Padrão	16,876	0,336	0,189	0,649	0,348	7,736
Erro Padrão	3,773	0,075	0,042	0,145	0,078	1,730
Erro de Amostragem	0,53	0,93	1,00	1,04	1,37	0,85
Coefficiente de Variação	2,39	4,15	4,50	4,64	6,11	3,81
Número de Corpos de Prova Necessário	1,00	3,00	3,5	3,8	6,5	2,5

Quadro nº 11 - Resultados dos cálculos estatísticos para a de-  
terminação do número necessário de corpos de  
prova para as propriedades testadas das chapas  
da Linha II

DISCRIMINAÇÃO	Densidade kg/m <sup>3</sup>	Teor de U- midade %	Inchamento em 24 hs %	Inchamento em 24 hs %	Tração per- pendicular kg/cm <sup>2</sup>	Flexão Es- tática per- pendicular kg/cm <sup>2</sup>
Somatória	14.196	165,6	8,6	284,5	120,3	4.118
Média	710	8,3	4,3	14,2	6,0	206
Variância	346,316	0,110	0,039	0,429	0,147	79,147
Desvio Padrão	18,610	0,332	0,197	0,655	0,383	8,896
Erro Padrão	4,161	0,074	0,044	0,146	0,086	1,989
Erro de Amostragem	0,59	0,89	1,02	1,03	1,43	0,97
Coefficiente de Variação	2,62	4,00	4,58	4,61	6,38	4,32
Número de Corpos de Prova Necessário	1,2	2,8	3,8	3,7	7,1	3,3

Quadro nº 12 - Resultados dos cálculos estatísticos para a de-  
terminação do número necessário de corpos de  
prova para as propriedades testadas das chapa-  
das da Linha III.

DISCRIMINAÇÃO	Densidade kg/m <sup>3</sup>	Teor de U- midade %	Inchamento em 2 hs %	Inchamento em 24 hs %	Tração per- pendicular kg/cm <sup>2</sup>	Flexão Es- tática per- pendicular kg/cm <sup>2</sup>
Somatória	14.059	158,7	82,1	279,4	111,1	4.035
Média	703	7,9	4,1	14,0	5,6	202
Variância	335,421	0,130	0,037	0,327	0,137	82,618
Desvio Padrão	18,315	0,360	0,193	0,572	0,370	9,089
Erro Padrão	4,095	0,081	0,043	0,128	0,083	2,032
Erro de Amostragem	0,58	1,03	1,05	0,91	1,48	1,01
Coefficiente de Variação	2,61	4,56	4,71	4,09	6,61	4,50
Número de Corpos de Prova Necessário	1,2	3,6	3,9	2,9	7,7	3,5

#### 4.2 - Análise de variância

Através da análise de variância, verificou-se que to-  
das as propriedades estudadas apresentaram diferenças altamen-  
te significantes entre suas médias, havendo variações entre  
as chapas, sendo portanto, populações heterogêneas. Para este  
teste, utilizou-se o modelo estatístico inteiramente ao acaso,  
isto sendo feito para todas as propriedades estudadas das três  
linhas de produção. Para testar a homogeneidade das chapas  
utilizou-se o teste F, ao nível de 99,0% de probabilidade. Os  
resultados estão nos anexos de nº 2 a 19.

#### 4.3 - QUALIDADE ESTATÍSTICA DA PRODUÇÃO

Fazendo-se uma análise comparativa entre as tolerâncias especificadas pela produção (ver item 3.5.1) e os limites de controle calculados, através das informações fornecidas pelas amostras das propriedades estudadas (quadro nº 10, 11 e 12) têm-se os seguintes resultados:

- Para as três linhas de produção, a distribuição dos valores médios e da amplitude das amostras, de todas as propriedades estudadas, estão dentro dos limites de controle calculados, significando que os três processos de fabricação estão sob controle estatístico de qualidade.
- Para a linha I, os limites de controle calculados para as propriedades densidade, teor de umidade e tração perpendicular, foram mais estreitos que as especificações da produção. Para a propriedade flexão estática perpendicular, a especificação da produção foi igual a tolerância calculada. Entretanto, para as propriedades inchamento em 2 e 24 hs., os limites de controle superior calculados foram maiores do que as especificações da produção, indicando que para estas propriedades o processo de fabricação não atendia aos valores determinados, embora estivessem sob controle estatístico de qualidade.
- Para a linha II, os limites de controle calculados para as propriedades densidade, teor de umidade, inchamento em 24 hs. e flexão estática perpendicular, foram mais estreitos do que as especificações da produção. Para as propriedades inchamento em 2 hs. e tração perpendicular, as especificações da produção foram iguais as tolerâncias calculadas.
- Para a linha III, os limites de controle calculados para as propriedades densidade, teor de umidade, inchamento em 2 hs., tração perpendicular e flexão estática perpendicular, foram mais estreitos do que as especificações da produção. Para a propriedade inchamento em 24 hs., a especificação da produção foi igual a tolerância calculada para o processo.



- Para as três linhas de produção, os limites de controle calculados das propriedades estudadas, com exceção das propriedades inchamento em 2 e 24 hs. das chapas da linha I, estavam dentro das especificações da produção, significando que o nível de qualidade do produto satisfazia o estabelecido como necessário.

Quadro nº 13 - Resultado da análise do controle estatístico da qualidade da linha I

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	PROPRIEDADES					
		DENSIDADE Kg/m <sup>3</sup>	TEOR DE UMI- DADE %	INCHAMENTO 2 Hs %	INCHAMENTO 24 Hs %	TRAÇÃO PERPEN- DÍCULAR Kg/cm <sup>2</sup>	FLEXÃO ESTATICA PER- PENDICULAR Kg/cm <sup>2</sup>
1	N	250	125	125	125	250	125
2	x <sub>i</sub> min ... x <sub>i</sub> max	670 ... 730	7,1 ... 10,2	2,0 ... 6,4	10,0 ... 15,0	3,5 ... 8,8	180 ... 228
3	$\bar{x}$ min ... $\bar{x}$ max	686 ... 719	7,4 ... 9,7	2,8 ... 5,5	10,8 ... 14,8	4,5 ... 7,4	188 ... 220
4	$\bar{\bar{x}}$	701	8,5	4,0	13,0	6,1	206
5	$\bar{R}$	35	0,8	1,4	1,3	2,7	22
6	Rmin ... Rmax	19 ... 60	0,3 ... 1,3	0,7 ... 2,5	0,4 ... 2,4	1,5 ... 4,3	10 ... 28
7	IC	4,0	0,3	0,35	0,53	0,36	4,0
8	IC $\sigma$	0,6	3,5	8,8	4,1	5,8	1,9
9	$\bar{\bar{x}} \pm IC$	697 ... 705	8,2 ... 8,8	3,7 ... 4,4	12,5 ... 13,5	5,7 ... 6,5	202 ... 210
10	S <sup>2</sup>	255,345	0,592	0,988	1,894	1,506	162,976
11	CV	2,3	9,1	24,8	10,6	20,1	6,2
12	$\bar{\bar{x}} \pm 3S$	653 ... 749	6,2 ... 10,8	1 ... 7	8,9 ... 17,1	2,4 ... 9,8	168 ... 244
13	S <sup>2</sup> <sub>1</sub>	935,833	2,566	3,723	8,213	7,536	476,941
14	S <sup>2</sup> <sub>2</sub>	182,760	0,119	0,332	0,377	0,862	87,624
15	Fcalculado	5,12	21,56	11,21	21,79	8,74	5,44
16	S <sup>2</sup> <sub>m</sub>	8,68	0,70	0,82	1,26	0,82	8,82
17	$\bar{\bar{x}} \pm 2s_m$ (LA)	684 ... 718	7,1 ... 9,9	2,4 ... 5,6	10,5 ... 15,5	4,5 ... 7,7	188 ... 224
18	$\bar{\bar{x}} \pm 3s_m$ (LC)	675 ... 727	6,4 ... 10,6	1,5 ... 6,5	9,2 ... 16,8	3,6 ... 8,6	180 ... 232
19	$\bar{R} \cdot D_4$ (LCS)	62	1,7	3,2	2,7	4,8	47
20	$\bar{R} \cdot D_3$ (LCI)	8,0	0	0	0	0,6	0

Observação: LA - Limite de advertência  
LC - Limite de controle  
LCI - Limite de controle inferior  
LCS - Limite de controle superior

Quadro nº 14 - Resultados da análise do controle estatístico de qualidade da linha II

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	PROPRIEDADES					
		DENSIDADE Kg/m <sup>3</sup>	TEOR DE UMI- DADE %	INCHAMENTO 2 Hs %	INCHAMENTO 24 Hs %	TRAÇÃO PERPEN- DICULAR Kg/cm <sup>2</sup>	FLEXÃO ESTATICA PER- PENDICULAR Kg/cm <sup>2</sup>
1	N	250	125	125	125	250	125
2	x <sub>j</sub> min ... x <sub>j</sub> max	667 ... 733	7,1 ... 10,3	2,5 ... 6,4	12,0 ... 14,6	3,6 ... 9,0	180 ... 224
3	$\bar{x}$ min ... $\bar{x}$ max	686 ... 718	7,8 ... 9,8	3,0 ... 5,4	12,8 ... 14,3	4,7 ... 8,1	188 ... 216
4	$\bar{\bar{x}}$	703	8,6	4,0	13,4	6,0	203
5	R	35	0,9	1,3	1,2	2,5	22
6	Rmin ... Rmax	17 ... 53	0,5 ... 1,5	0,7 ... 1,8	0,5 ... 1,8	1,7 ... 3,8	10 ... 33
7	IC	3,6	0,30	0,30	0,23	0,36	3,3
8	IC%	0,5	3,5	7,5	1,7	6,0	1,6
9	$\bar{\bar{x}} \pm IC$	699 ... 707	8,3 ... 8,9	3,7 ... 4,3	13,2 ... 13,6	5,6 ... 6,4	200 ... 206
10	S <sup>2</sup>	218,730	0,535	0,745	0,501	1,372	132,750
11	CV	2,1	8,5	21,5	5,3	19,5	5,7
12	$\bar{\bar{x}} \pm 3S$	657 ... 747	6,4 ... 10,5	3,6 ... 6,6	11,3 ... 15,5	2,5 ... 9,5	169 ... 238
13	S <sub>1</sub> <sup>2</sup>	774,542	2,192	2,617	1,569	7,670	329,875
14	S <sub>2</sub> <sup>2</sup>	159,444	0,137	0,295	0,244	0,700	85,440
15	Fcalculado	4,86	15,95	8,87	6,43	10,95	3,86
16	S <sub>m</sub> <sup>2</sup>	7,84	0,64	0,680	0,515	0,83	6,99
17	$\bar{\bar{x}} \pm 2Sm (LA)$	687 ... 719	7,3 ... 9,9	2,6 ... 5,4	12,4 ... 14,4	4,3 ... 7,7	189 ... 217
18	$\bar{\bar{x}} \pm 3Sm (LC)$	680 ... 727	6,7 ... 10,5	2,0 ... 6,0	11,9 ... 14,9	3,5 ... 8,5	182 ... 224
19	R . D <sub>4</sub> (LCS)	62	1,9	3,0	2,5	4,4	47
20	R . D <sub>3</sub> (LCI)	8	0	0	0	0,6	0

Observação: LA - Limite de advertência  
LC - Limite de controle  
LCI - Limite de controle inferior  
LCS - Limite de controle superior

Quadro nº 15 - Resultados da análise do controle estatístico de qualidade da linha III

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	PROPRIEDADES					
		DENSIDADE Kg/m <sup>3</sup>	TEOR DE UMI- DADE %	INCHAMENTO 2 HS %	INCHAMENTO 24 HS %	TRAÇÃO PERPEN- DICULAR kg/cm <sup>2</sup>	FLEXÃO ESTATICA PER- PENDICULAR Kg/cm <sup>2</sup>
1	N	250	125	125	125	250	125
2	x <sub>j</sub> min ... x <sub>j</sub> max	667 ... 732	6,9 ... 10,1	2,0 ... 5,5	11,9 ... 15,0	3,6 ... 9,0	183 ... 225
3	$\bar{x}$ min ... $\bar{x}$ max	689 ... 718	7,4 ... 9,7	3,0 ... 5,1	12,3 ... 14,5	4,8 ... 8,0	196 ... 218
4	$\bar{\bar{x}}$	702	8,4	4,0	13,3	6,3	205
5	R	40	0,9	1,2	1,2	2,5	21
6	Rmin ... Rmax	20 ... 56	0,3 ... 1,4	0,7 ... 2,1	0,6 ... 2,0	0,8 ... 4,3	11 ... 29
7	IC	3,4	0,25	0,24	0,25	0,36	2,8
8	IC%	0,5	2,4	6,0	1,9	5,7	1,4
9	$\bar{\bar{x}} \pm IC$	699 ... 705	8,2 ... 8,6	3,8 ... 4,2	13,1 ... 13,6	5,9 ... 6,7	204 ... 206
10	S <sup>2</sup>	250,843	0,435	0,537	0,567	1,528	106,701
11	CV	2,3	7,8	18,2	5,7	19,5	5,0
12	$\bar{\bar{x}} \pm 3S$	654 ... 750	6,4 ... 10,4	1,8 ... 6,2	11,1 ... 15,5	2,6 ... 10,0	174 ... 236
13	S <sub>1</sub> <sup>2</sup>	682,875	1,670	1,684	1,903	8,419	196,608
14	S <sub>2</sub> <sup>2</sup>	204,760	0,138	0,261	0,246	0,793	85,124
15	Fcalculado	3,34	12,10	6,45	7,74	10,63	2,31
16	S <sub>m</sub> <sup>2</sup>	6,91	0,55	0,53	0,56	0,87	4,72
17	$\bar{\bar{x}} \pm 2Sm (LA)$	688 ... 716	7,3 ... 9,5	2,9 ... 5,1	12,2 ... 14,4	4,6 ... 8,0	196 ... 214
18	$\bar{\bar{x}} \pm 3Sm (LC)$	681 ... 723	6,8 ... 10,1	2,4 ... 5,6	11,6 ... 15,0	3,7 ... 8,9	191 ... 219
19	R . D <sub>4</sub> (LCS)	71	1,9	2,5	2,5	4,4	44
20	R . D <sub>3</sub> (LCI)	9	0	0	0	0,6	0

Observação: LA - Limite de advertência  
LC - Limite de controle  
LCI - Limite de controle inferior  
LCS - Limite de controle superior

#### 4.4 - INTERPRETAÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE

Os gráficos de controle são usados para facilitar a interpretação dos dados, cuja distribuição ao longo da linha média possibilita a visualização, rápida e clara, da variabilidade, das tendências do processo e do nível de qualidade do produto. Para melhor informação, os gráficos são interpretados separadamente, para cada propriedade, como segue:

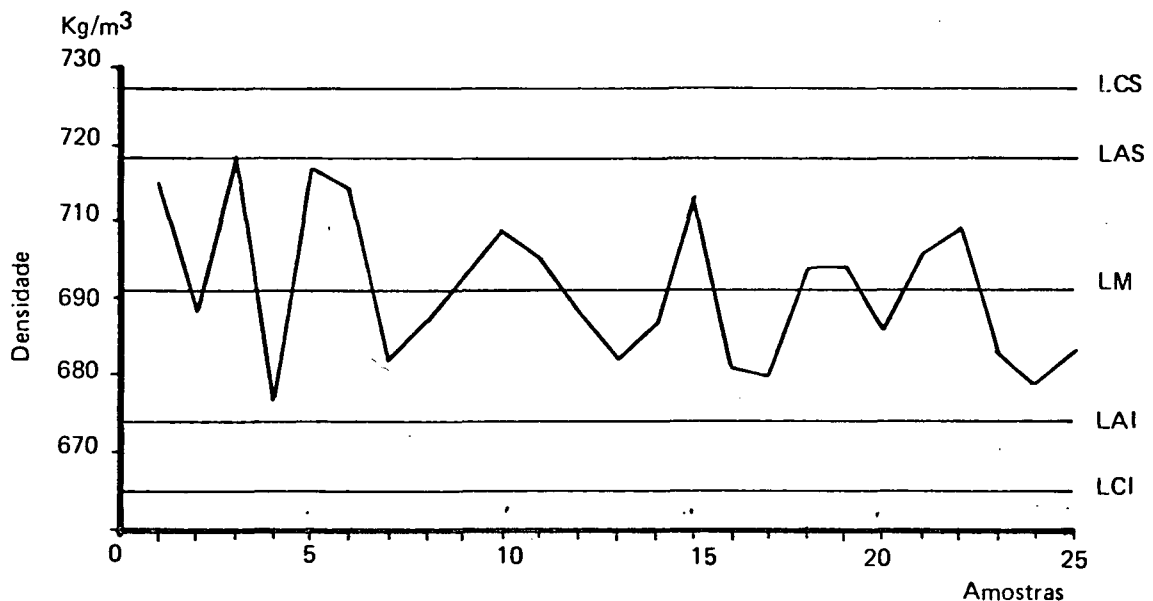


Figura nº 5

Da média da propriedade - Densidade das chapas da linha I

A figura nº 5, apresenta a distribuição das médias das amostras da propriedade densidade, em  $\text{kg/m}^3$ , da linha I, as quais podem ser observadas no quadro nº 13 e no anexo nº 2, com a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com o valor médio de  $701 \text{ kg/m}^3$ , com valores médios, mínimo e máximo, das amostras de  $686$  e  $719 \text{ kg/m}^3$ , respectivamente.
- A especificação da produção, determina um valor médio de  $700 \text{ kg/m}^3$  e uma variação de  $\pm 4\%$  da média, dando o intervalo de  $672$  a  $728 \text{ kg/m}^3$ .

- Os limites de advertência inferior e superior, calculados, são de 684 e 718 kg/m<sup>3</sup> respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 675 e 727 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, estando dentro dos limites especificados e indicam que a especificação é maior que a variação natural do processo.
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, estando dentro dos limites de controle calculados e atendendo à especificação.
- Somente o ponto nº 3 ultrapassou o limite superior de advertência.
- O processo está sob controle estatístico.

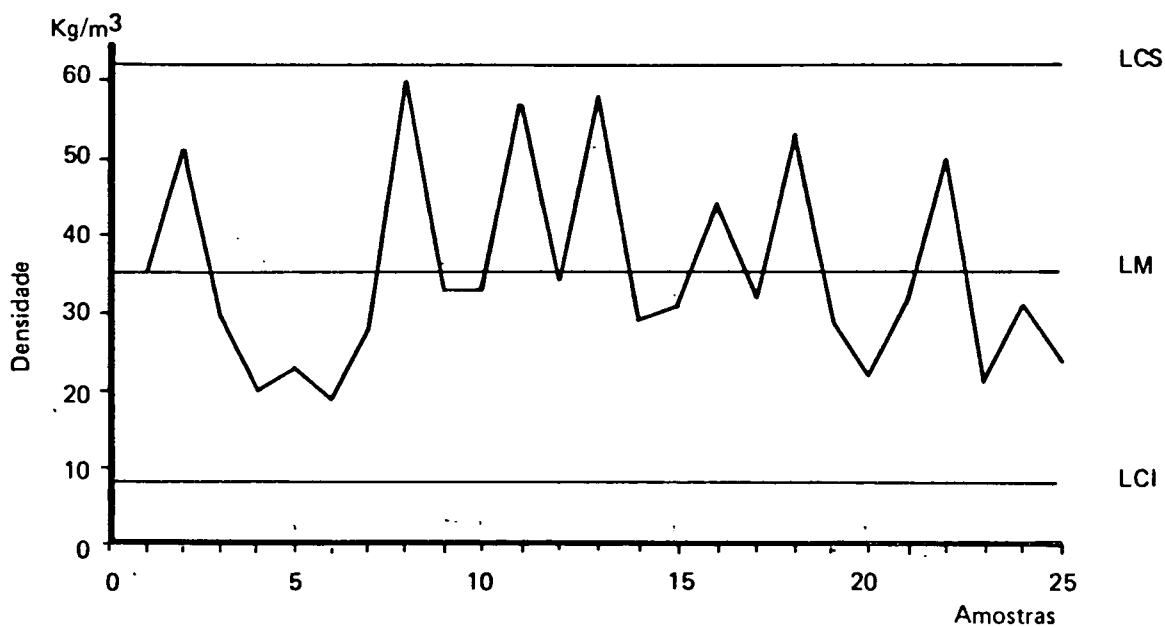


Figura nº 6

Da amplitude da propriedade - Densidade das chapas da linha I

A figura nº 6 apresenta a distribuição dos valores da amplitude da propriedade densidade, em  $\text{kg/m}^3$ , dentro das chapas da linha I, os quais podem ser observados no quadro nº 13 e no anexo nº 2, cuja interpretação é a seguinte:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de  $35 \text{ kg/m}^3$  e com os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de  $19$  e  $60 \text{ kg/m}^3$ , respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de  $8,0$  e  $62 \text{ kg/m}^3$ , dando uma faixa de variação de  $54 \text{ kg/m}^3$ .
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, estando dentro dos limites de controle calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

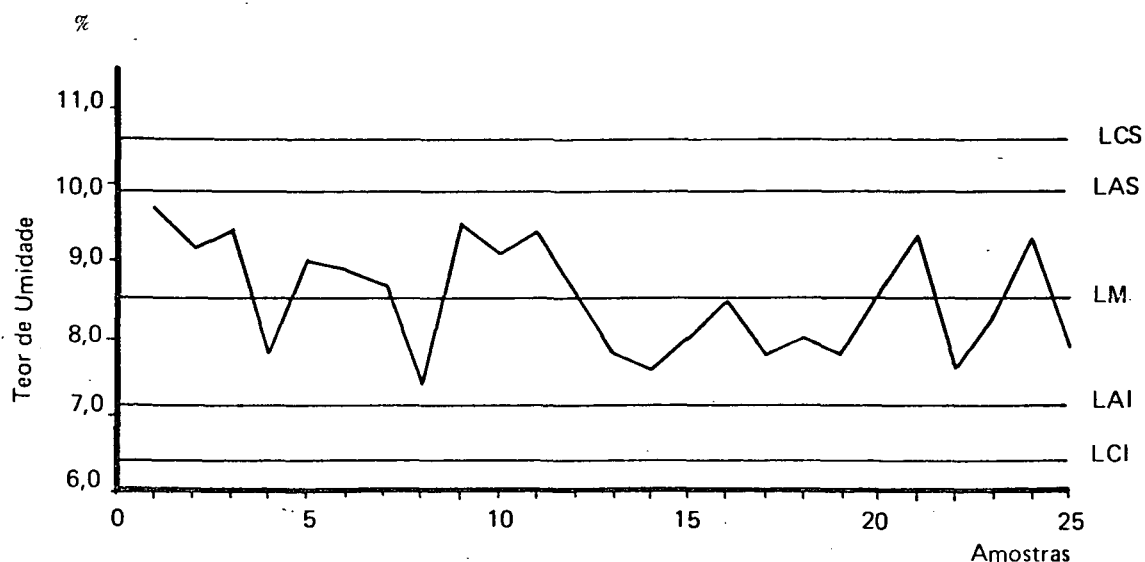


Figura nº 7

Da média da propriedade - teor de umidade das chapas da linha I

A figura nº 7 mostra a distribuição das médias da propriedade teor de unidade, das chapas da linha I, em %, cujos valores podem ser observados no quadro nº 13 e no anexo nº 3, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com a média de 8,5%, e com os valores médios, mínimo e máximo, das amostras de 7,4 e 9,7%.
- As especificações da produção, baseadas na norma DIN 68.761, prevêem um valor médio de 9,0%, com uma variação de 3% da média, determinando o intervalo de 6 a 12%.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 7,1 e 9,9%, respectivamente.
- Os limites de controle superior e inferior calculados são de 6,4 e 10,6% respectivamente, estando dentro dos limites especificados.
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, variando somente dentro dos limites de advertência.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

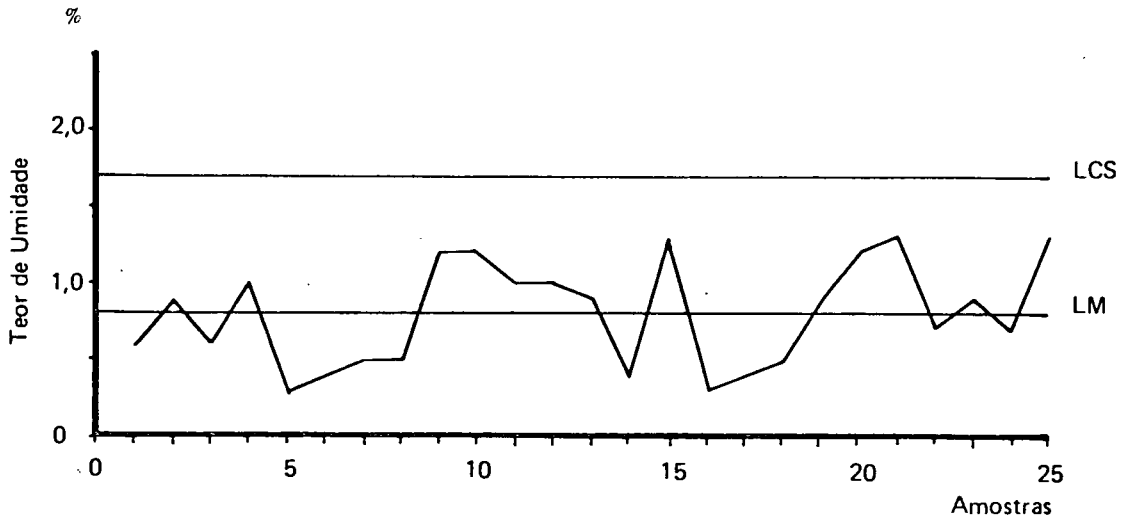


Figura nº 8

Da amplitude da propriedade - teor de umidade das chapas da linha I

A figura nº 8 apresenta a distribuição dos valores da amplitude dentro das chapas, da propriedade teor de umidade, em %, da linha I, os quais podem ser verificados no quadro nº13 e no anexo nº 3, apresentando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com amplitude média de 0,8%, e com os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de 0,3 e 1,3%.
- O limite de controle superior é de 1,7%.
- O limite inferior é considerado 0 (zero).
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, variando dentro dos limites calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

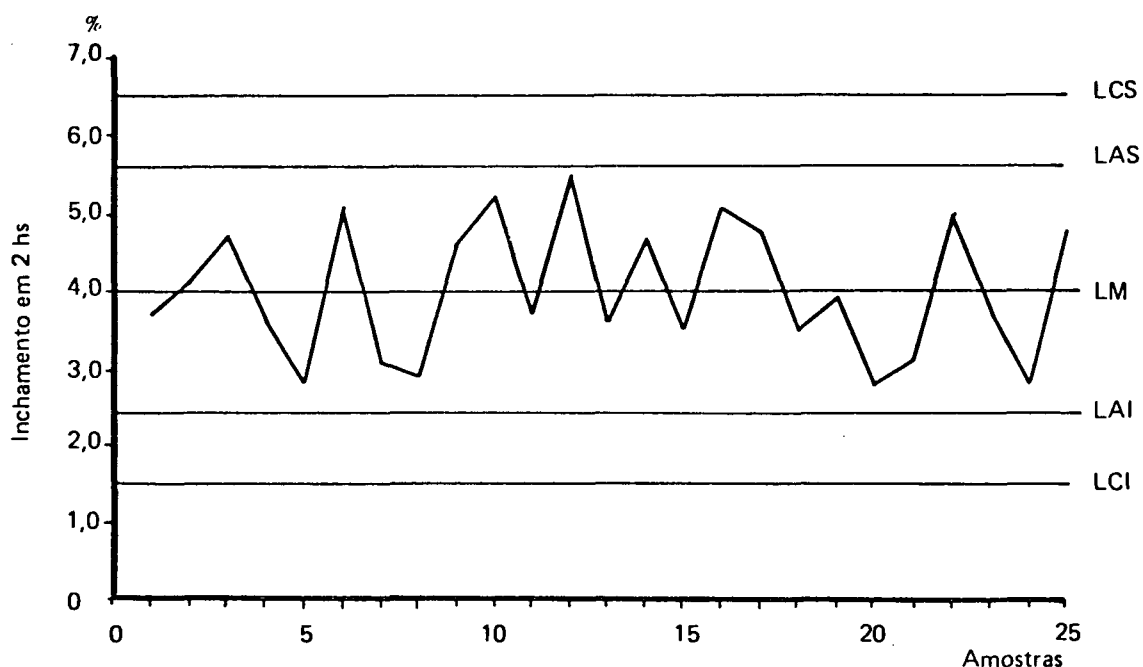


Figura nº 9

Da média da propriedade - inchamento em 2 hs das chapas da linha I

A figura.nº 9, mostra a distribuição dos valores das médias das amostras da propriedade inchamento em 2 horas, em %, das chapas da linha I, os quais podem ser verificados no quadro nº 13 e no anexo nº 4, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 4,0% e com os valores médios, mínimo e máximo, das amostras de 2,8 e 5,5%, respectivamente.
- As especificações da produção, baseadas na norma DIN 68.761, determinam somente o limite superior de controle, no valor de 6,0%.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 2,4 e 5,6% respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 1,5 e 6,5% respectivamente.



- O limite de controle superior calculado é maior do que o limite de controle superior especificado.
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, estando dentro dos limites calculados e atendendo a especificação.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade, mas não atende à especificação da produção.

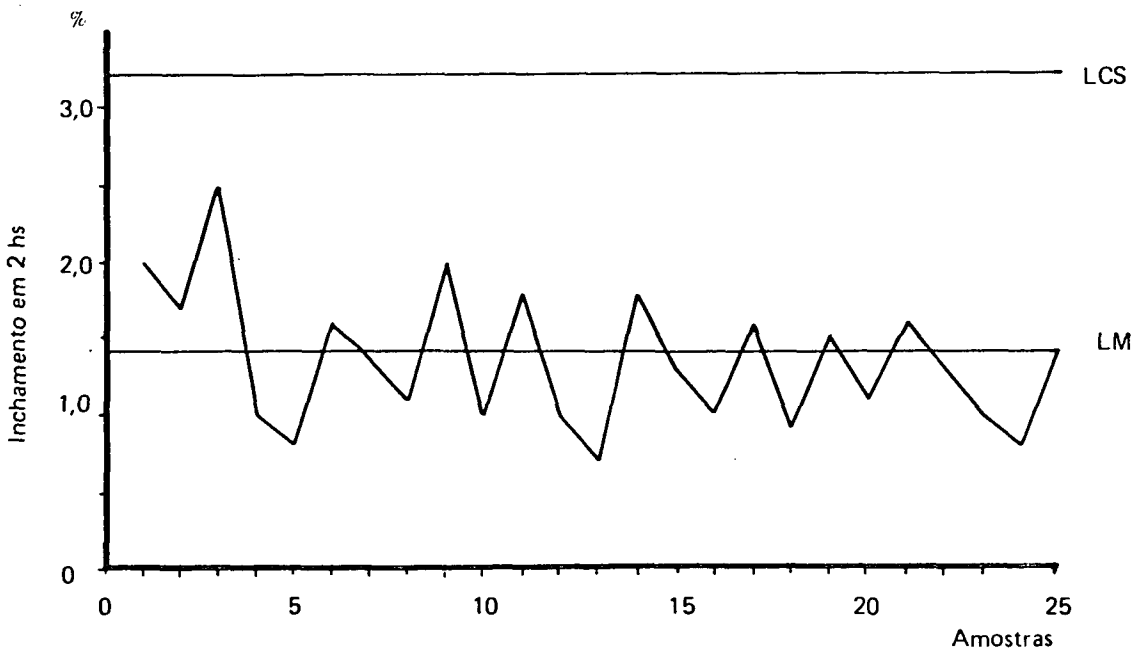


Figura nº 10

Da amplitude da propriedade - inchamento em 2 hs das chapas da li nha I

A figura nº 10 mostra a distribuição dos valores da amplitude dentro das chapas, em %, da variável inchamento em 2 horas da linha I, os quais podem ser observados no quadro nº 13 e no anexo nº 4, sendo interpretado a seguir:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de 1,4% e com os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de 0,7 e 2,5%, respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 0 (zero) e 3,2%.

- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média, sem configuração especial, estando dentro dos limites de controle calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

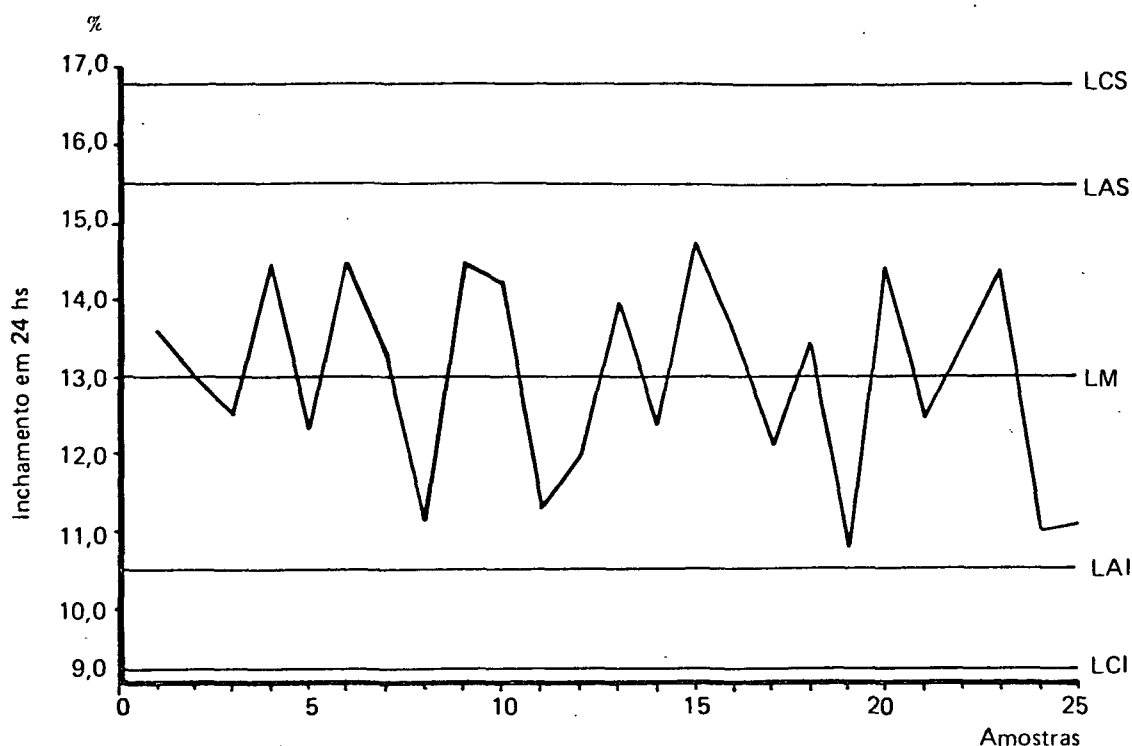


Figura nº 11

Da média da propriedade - Inchamento em 24 hs. das chapas da linha I

A figura nº 11, mostra a distribuição dos valores das médias da propriedade inchamento em 24 horas, em %, das chapas da linha I, os quais podem ser observados no quadro nº 13 e no anexo nº 5, cuja interpretação é:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 13,0% e com os valores médios, mínimo e máximo, das amostras de 10,8 e 14,8%, respectivamente.
- As especificações da produção, baseadas na norma DIN 68.761, determinam somente o limite superior de controle, no valor de 15%.

- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 10,5 e 15,5% respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados, são de 9,2 e 16,8% respectivamente.
- O limite de controle superior calculado é maior do que o limite de controle especificado.
- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média, sem configuração especial, estando dentro dos limites de controle calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade, mas não atende a especificação da produção.

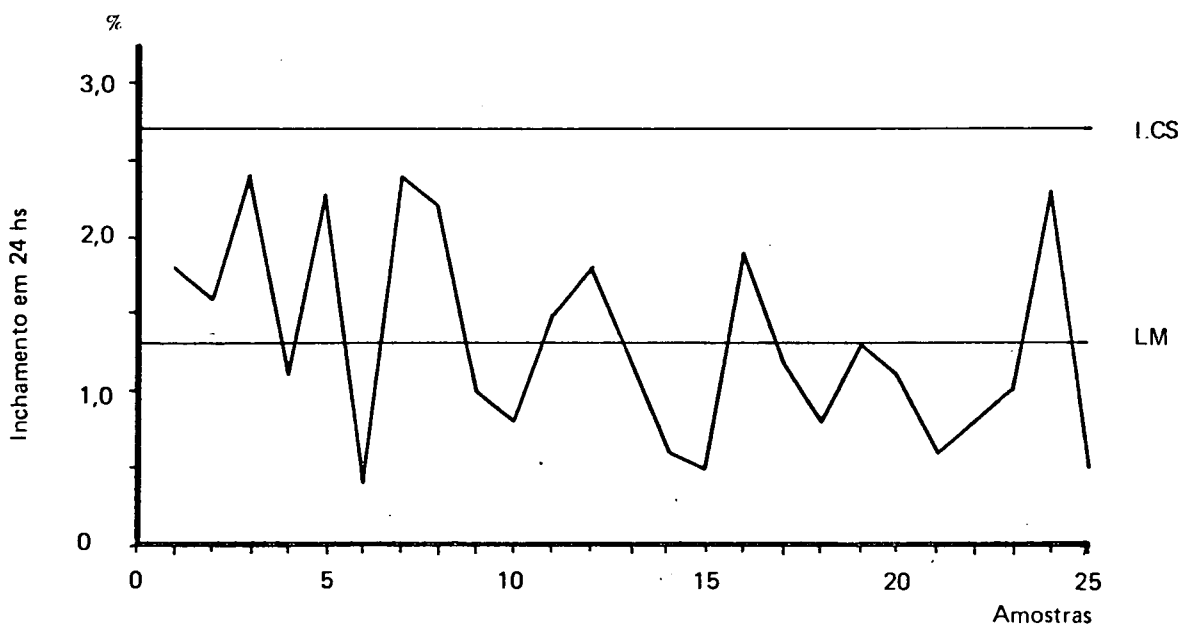


Figura nº 12

Da amplitude da propriedade - inchamento em 24 hs das chapas da linha I.

A figura nº 12, mostra a distribuição dos valores de amplitude da propriedade de inchamento em 24 horas, dentro das chapas da linha I, em %, os quais podem ser verificados no quadro nº 13 e no anexo nº 5, com a interpretação seguinte:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de 1,3%, e com os valores das amplitudes, mínima e máxima, de 0,4 e 2,4%, respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 0 (zero) e 2,7%.
- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média, sem configuração especial, estando dentro dos limites de controle calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

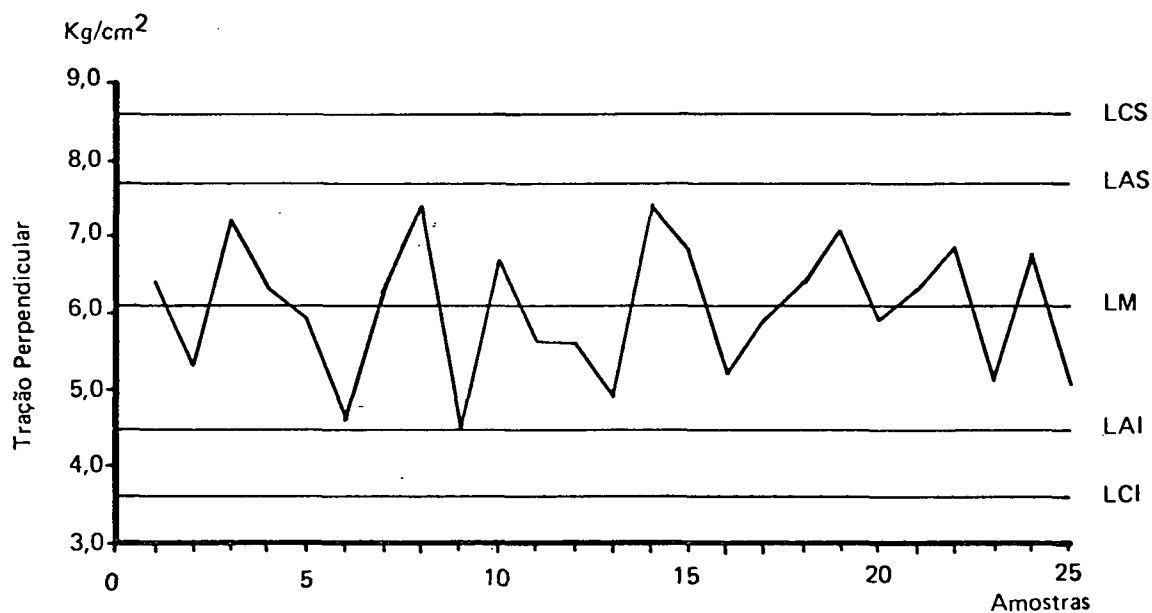


Figura Nº 13

Da média da propriedade tração perpendicular das chapas da linha I.

A figura nº 13, mostra a distribuição das médias da propriedade tração perpendicular das amostras, em  $\text{kg/cm}^2$ , das chapas da linha I, que podem ser verificadas no quadro nº 13 e no anexo nº 6, com a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 6,1 kg/cm<sup>2</sup>, e com os valores médios, mínimo e máximo, das amostras de 4,5 e 7,4 kg/cm<sup>2</sup>, variando no intervalo de 2,9 kg/cm<sup>2</sup>.
- As especificações da produção, baseadas na norma DIN 68.761, prevêem somente o limite de controle inferior de 3,5 kg/cm<sup>2</sup>.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 4,5 e 7,7 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 3,6 e 8,6 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.
- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média, dentro dos limites de controle calculados e atendendo as especificações.
- O processo está sob o controle estatístico de qualidade.

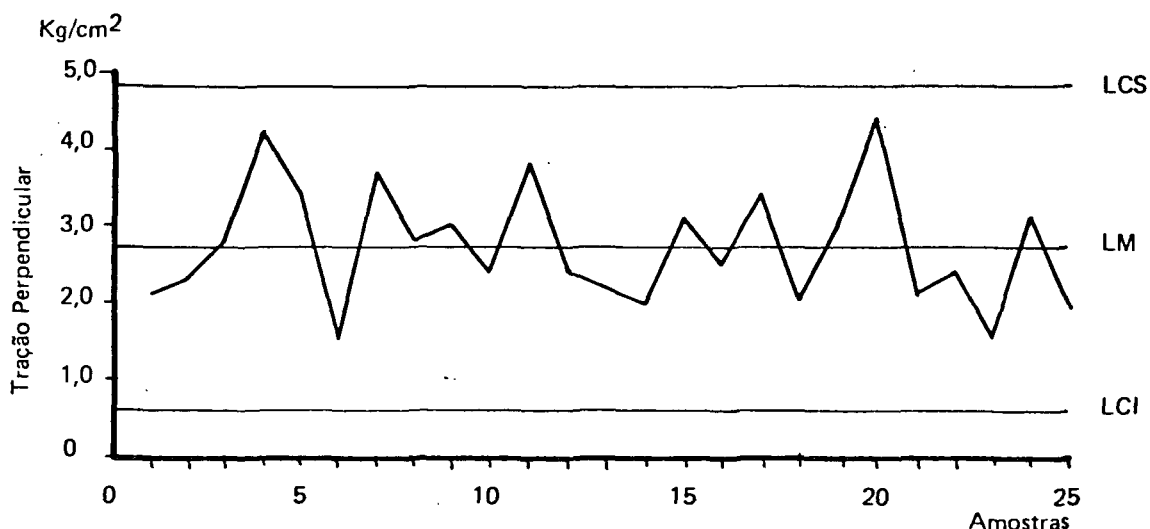


Figura nº 14

Da amplitude da propriedade - Tração perpendicular das chapas da linha I

A figura nº 14 mostra a distribuição dos valores da amplitude dentro das chapas, da propriedade tração perpendicular, em  $\text{kg/cm}^2$ , da linha I, os quais podem ser observados no quadro nº 13 e anexo nº 6, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de  $2,7 \text{ kg/cm}^2$ , e com os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de  $1,5$  e  $4,3 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de  $0,6$  e  $4,8 \text{ kg/cm}^2$ .
- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média e dentro dos limites de controle calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

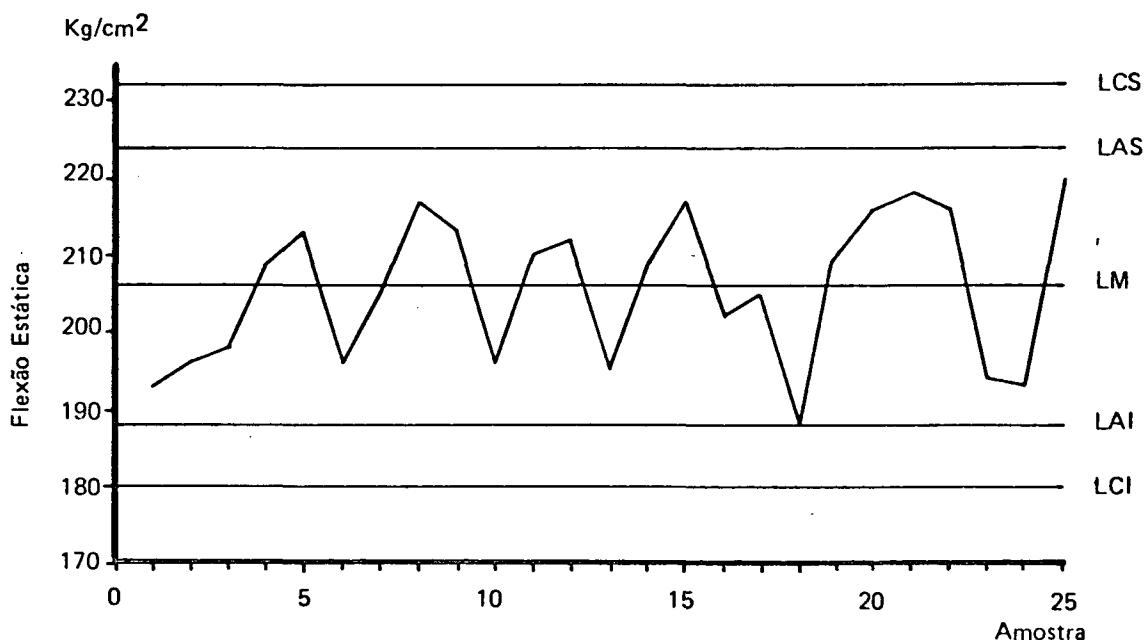


Figura nº 15

Da média da propriedade flexão estática perpendicular das chapas da linha I

A figura nº 15 mostra a distribuição das médias da propriedade flexão estática perpendicular das chapas da linha I, em  $\text{kg/cm}^2$ , as quais podem ser observadas no quadro nº 13 e no anexo nº 7 e têm a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com o valor médio de  $206 \text{ kg/cm}^2$  e com os valores médios, mínimo e máximo, das amostras de 188 a  $220 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente.
- As especificações da produção, baseadas na norma DIN 68.761, prevêm somente o limite de controle inferior com o valor de  $180 \text{ kg/cm}^2$ .
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 188 a  $224 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 180 e  $232 \text{ kg/cm}^2$ .
- O limite de controle inferior coincide com o limite inferior especificado, indicando que o processo está atendendo a especificação.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

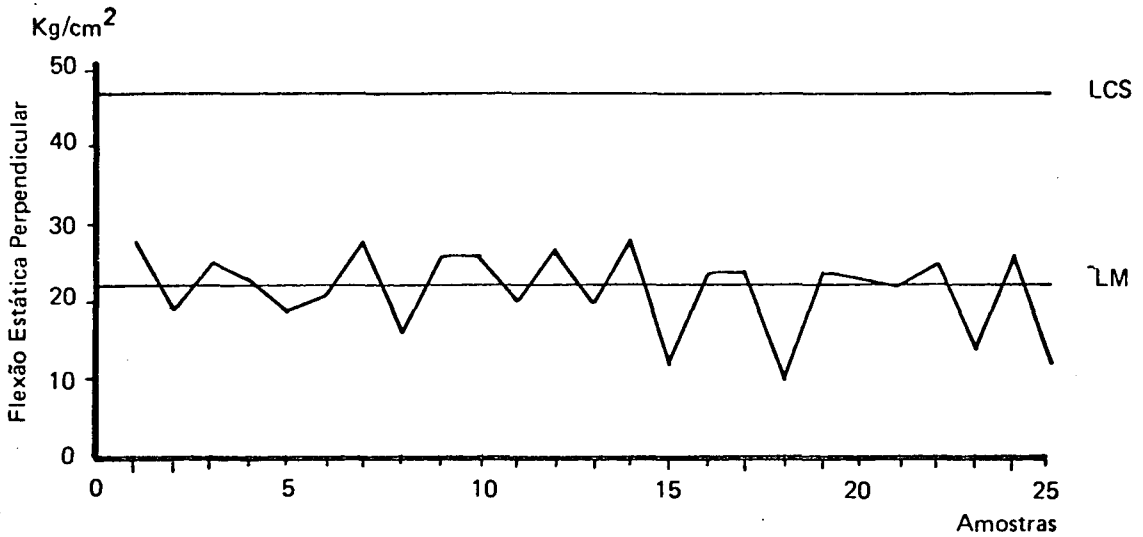


Figura nº 16

Da amplitude da propriedade - flexão estática perpendicular das chapas da linha I

A figura nº 16 representa a distribuição dos valores da amplitude dentro das chapas, da propriedade flexão estática perpendicular, em kg/cm<sup>2</sup>, da linha I, que podem ser observados no quadro nº 13 e no anexo nº 7, e têm a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de 22 kg/cm<sup>2</sup> e os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de 10 e 28 kg/cm<sup>2</sup>.
- O limite de controle superior calculado é de 47 kg/cm<sup>2</sup>, o limite de controle inferior é considerado 0 (zero).
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, variando dentro dos limites calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.



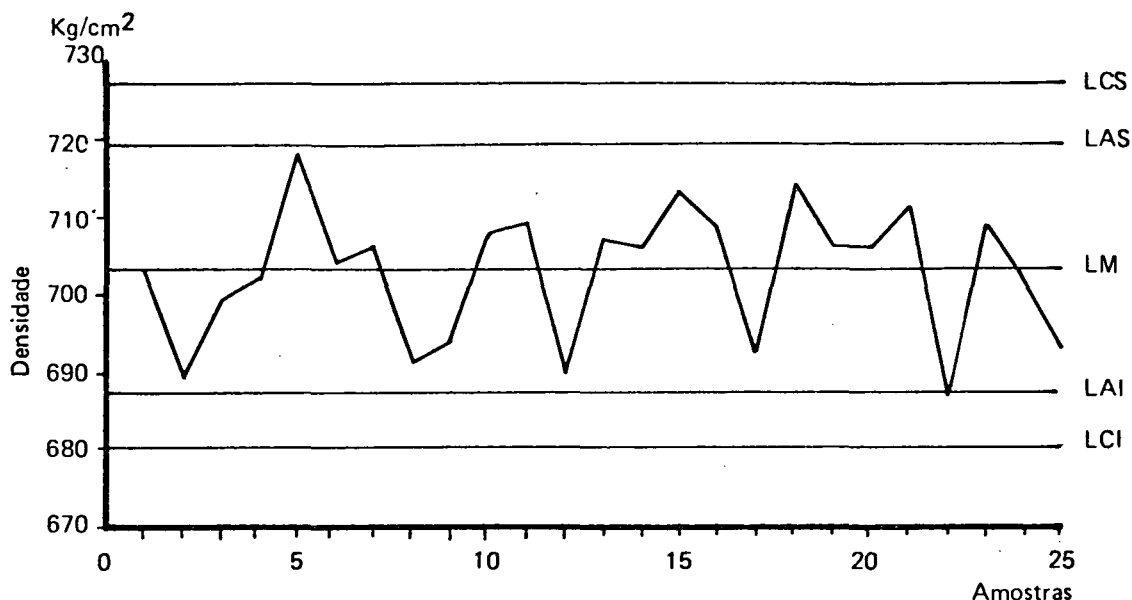


Figura nº 17

Da média da propriedade - densidade das chapas da linha II

A figura nº 17 mostra a distribuição das médias da propriedade densidade, em kg/m<sup>3</sup>, das chapas da linha II, os quais podem ser verificados no quadro nº 14 e no anexo nº 8, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 703 kg/m<sup>3</sup>, com os valores médios, mínimo e máximo, das amostras de 686 e 718 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente.
- A especificação do processo determina um valor médio de 700 kg/m<sup>3</sup> e com uma variação de  $\pm 4\%$  da média, dando um intervalo de variação de 672 a 728 kg/m<sup>3</sup>.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 687 e 719 kg/m<sup>3</sup>.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 680 e 727 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente, estando dentro dos limites especificados.

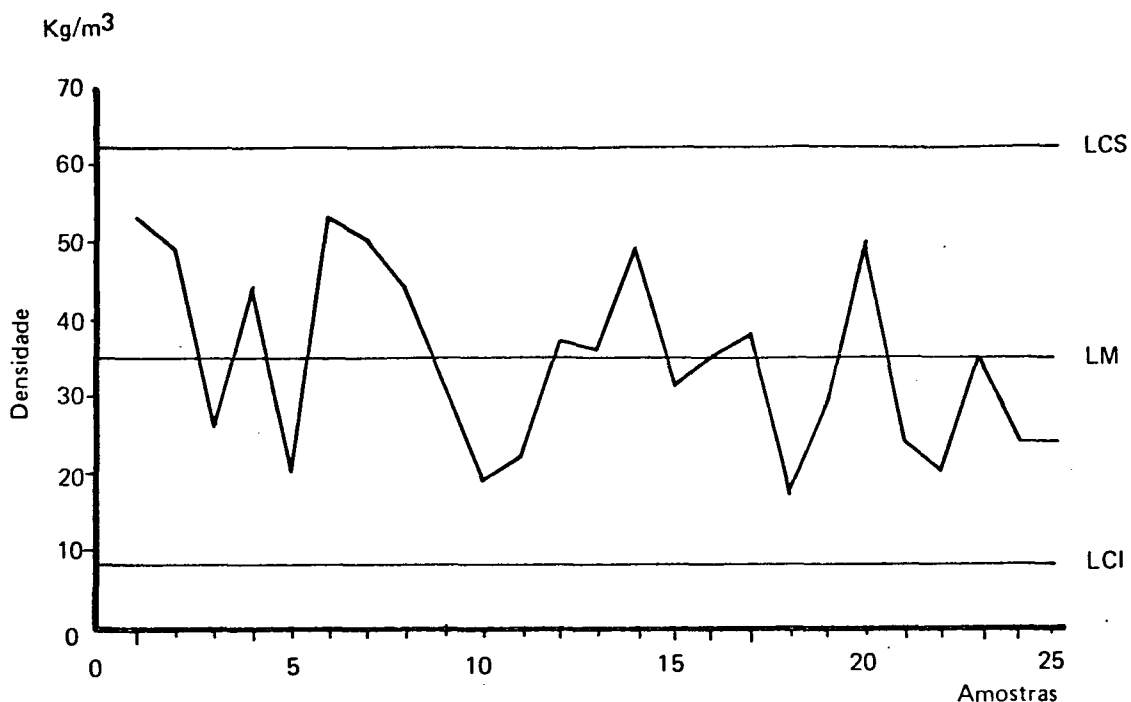


Figura nº 18

Da amplitude da propriedade - densidade das chapas da linha II

A figura nº 18 apresenta a distribuição dos valores da amplitude da propriedade densidade, em  $\text{kg/m}^3$ , das chapas da linha II, os quais podem ser verificados no quadro nº 14 e no anexo nº 8, cuja interpretação é a seguinte:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de  $35 \text{ kg/m}^3$  e os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de 17 e  $53 \text{ kg/m}^3$ , respectivamente, variando em um intervalo de  $36 \text{ kg/m}^3$ .
- Os limites de controle inferior e superior calculados, são de 8 e  $62 \text{ kg/m}^3$ , dando uma faixa de variação de  $54 \text{ kg/m}^3$ .
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, estando dentro dos limites de controle calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

- A distribuição dos valores no gráfico é normal, estando dentro dos limites calculados e atendendo a especificação.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

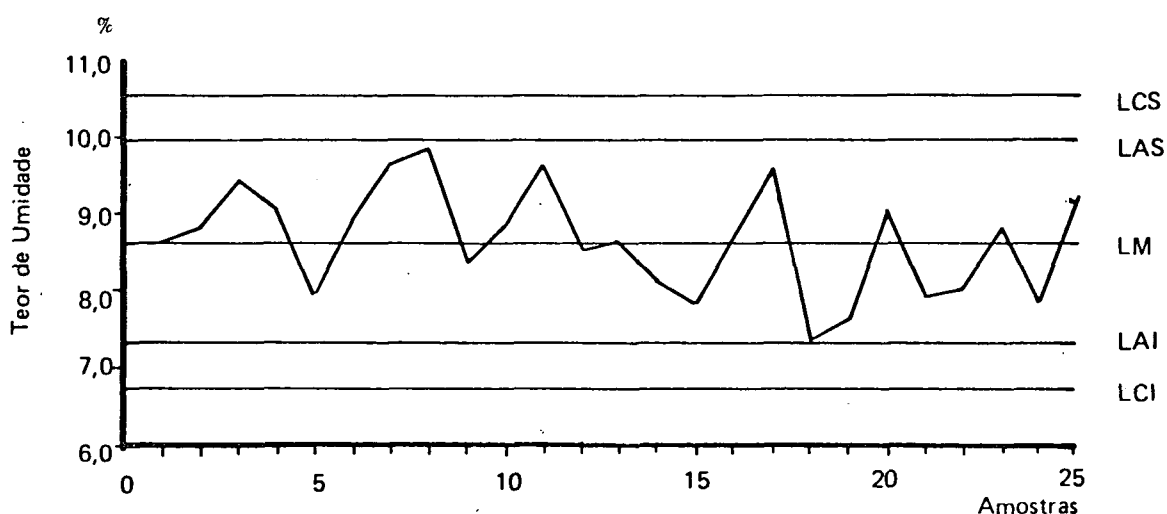


Figura nº 19

Da média da propriedade - teor de umidade das chapas da linha II

A figura nº 19 mostra a distribuição das médias da propriedade teor de umidade, em %, das chapas da linha II, as quais podem ser verificadas no quadro nº 14 e no anexo nº 9, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 8,6% e os valores médios, mínimo e máximo, das amostras de 7,8 e 9,8%, respectivamente, dando um intervalo de variação de 2,0%.
- As especificações da produção, baseadas na norma DIN 68.761, prevêem um valor médio de 9,0%, com uma variação de  $\pm 3\%$  do valor médio, determinando um intervalo de variação de 6 a 12%.

- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 7,3 e 9,9%, respectivamente.
- Os limites inferior e superior, de controle, calculados, são de 6,7 e 10,5%, respectivamente, estando dentro dos limites especificados e indicam que o processo é muito rígido, podendo ser alargado.
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, estando dentro dos limites calculados e atendendo a especificação.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

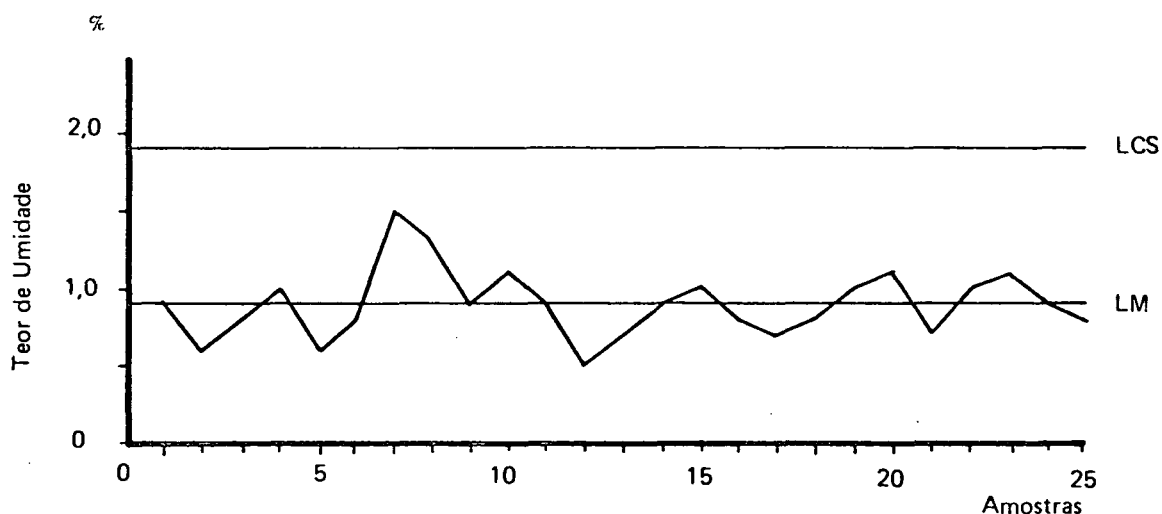


Figura nº 20

Amplitude da propriedade - teor de umidade das chapas da linha II

A figura nº 20 mostra a distribuição dos valores da amplitude da propriedade teor de umidade, em %, das chapas da linha II, os quais podem ser verificados no quadro nº 14 e no anexo nº 9, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de 0,9%, e os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de 0,5 e 1,5%.
- O limite de controle superior calculado é de 1,9%.
- O limite de controle inferior calculado é considerado como 0 (zero).
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, variando dentro dos limites calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

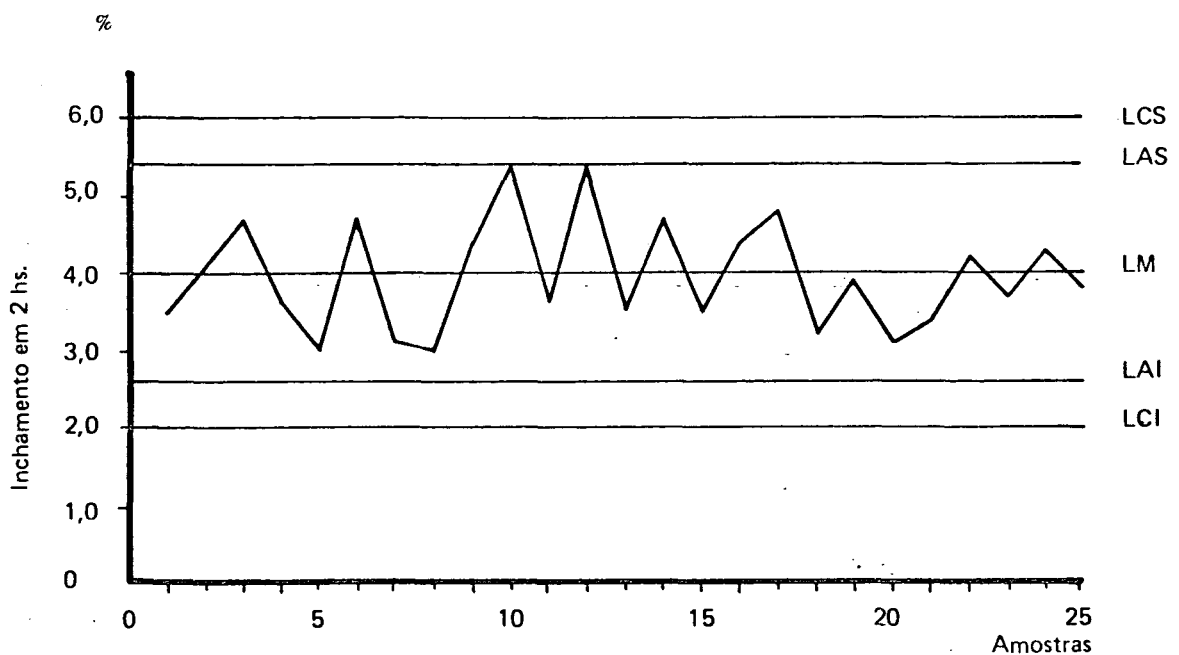


Figura nº 21

Da média da propriedade - inchamento em 2 hs

Das chapas da linha II

A figura nº 21 mostra a distribuição das médias da propriedade inchamento em 2 horas, em %, das chapas da linha II, as quais podem ser verificadas no quadro nº 14 e no anexo nº 10, apresentando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 4,0%, e com os valores médios, mínimo e máximo, das amostras de 3,0 e 5,4%.
- As especificações da produção, baseadas na norma DIN 68761, determinam somente o limite de controle superior, no valor de 6,0%.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 2,6 e 5,4%, respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 2,0 e 6,0%, respectivamente.
- O limite de controle superior é igual ao limite de controle especificado.
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, estando dentro dos limites calculados e atendendo a especificação.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

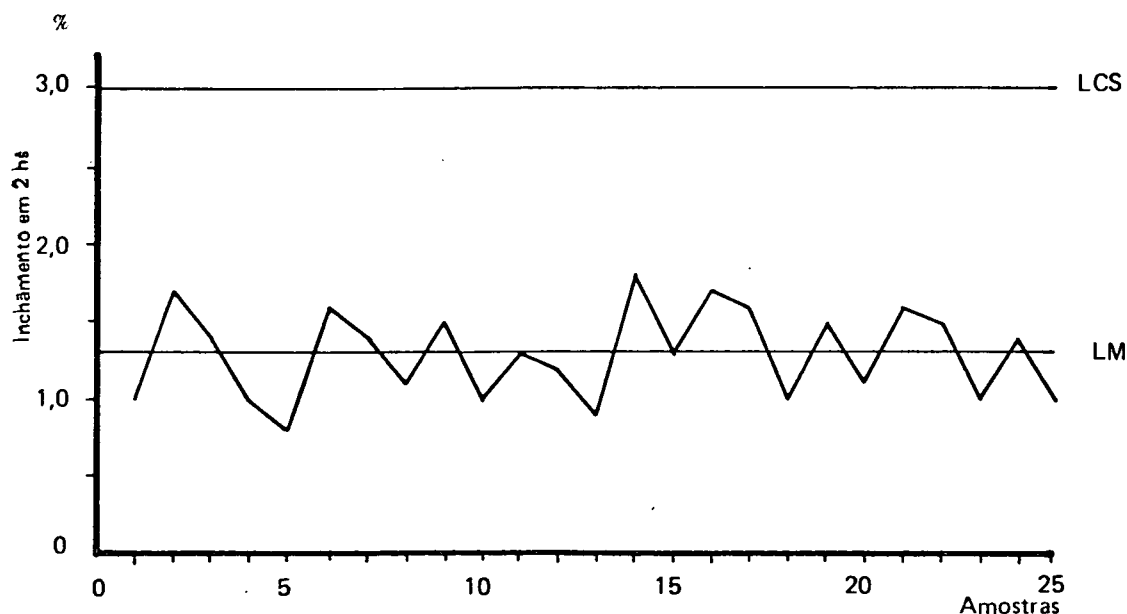


Figura nº 22

Da amplitude da propriedade - inchamento em 2 hs  
Das chapas da linha II

A figura nº 22 apresenta a distribuição dos valores da amplitude da propriedade inchamento em 2 horas, em %, das chapas da linha II, os quais podem ser observados no quadro nº 14 e no anexo nº 10, sendo interpretado a seguir:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de 1,3% e com os valores das amplitudes, mínima e máxima, de 0,7 e 1,8%, respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são 0 (zero) e 3,0%.
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, estando dentro dos limites calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

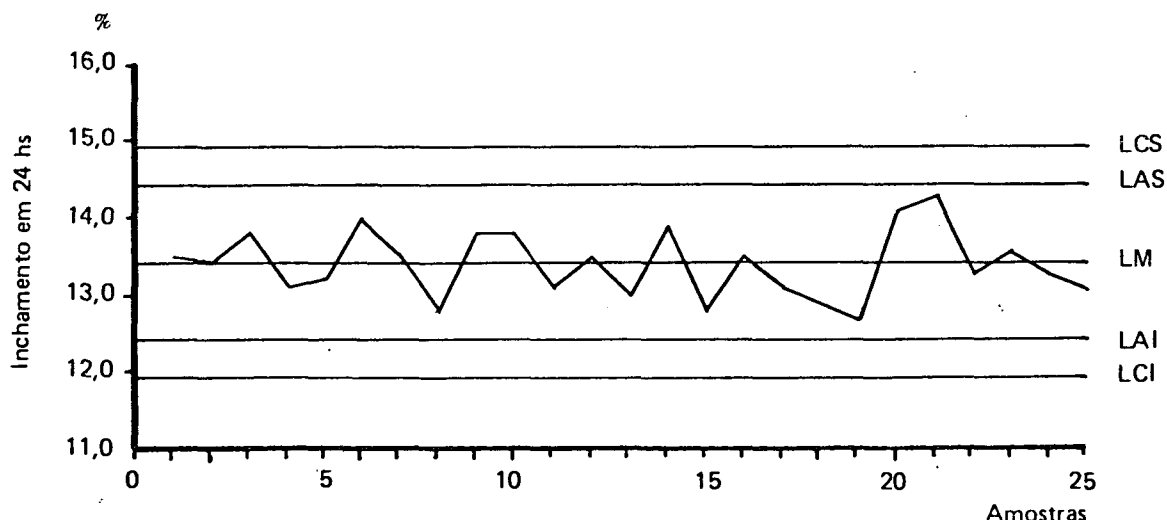


Figura nº 23

Da média da propriedade - inchamento em 24 hs das chapas da linha II

A figura nº 23 estão distribuídos os valores das médias das amostras da propriedade inchamento em 24 horas, em %, da linha II, os quais podem ser verificados no quadro nº 14 e no anexo nº 11, apresentando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 13,4%, e com os valores médios, mínimo e máximo, das amostras de 12,8 e 14,3%, respectivamente.
- As especificações da produção, baseadas na norma DIN 68.761, determinam somente o limite de controle superior, no valor de 15%.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 12,4 e 14,4%, respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 11,9 e 14,9%, respectivamente.



- O limite de controle superior calculado de 14,9% é menor do que o limite superior especificado de 15%.
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, estando dentro dos limites calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

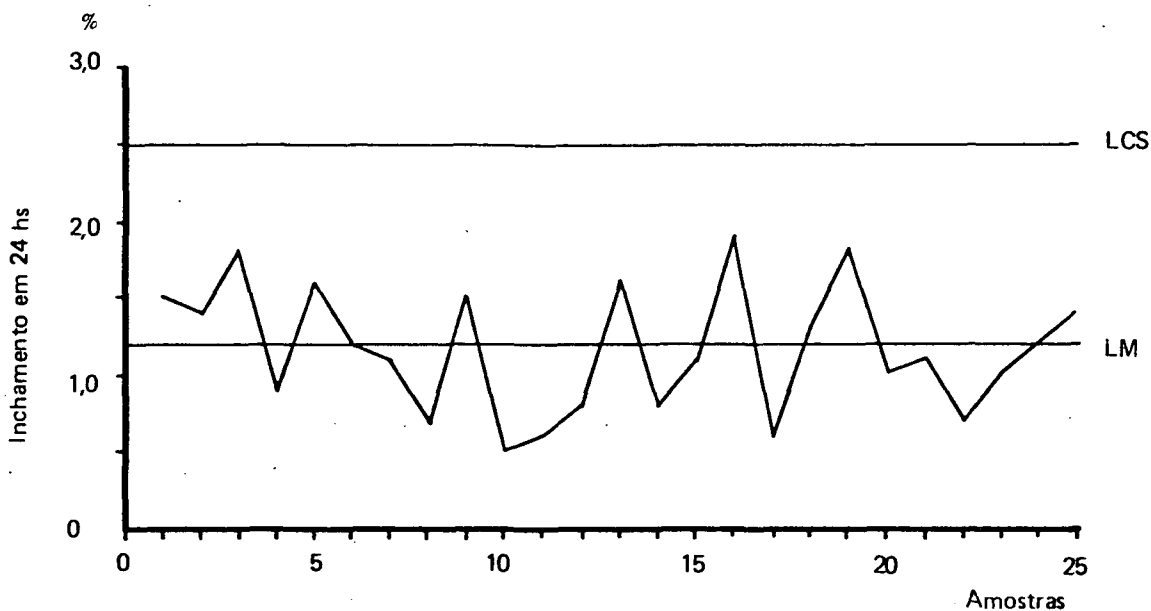


Figura nº 24

Da amplitude da propriedade - inchamento em 24 hs das chapas da linha II

A figura nº 24 apresenta a distribuição dos valores da amplitude, dentro das chapas, da propriedade inchamento em 24 horas, em %, os quais podem ser observados no quadro nº 14 e no anexo nº 11, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de 1,2% e com os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de 0,5 e 1,8%, respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 0 (zero) e 2,5%.
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, variando somente ao acaso e estando dentro dos limites calculados.

- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

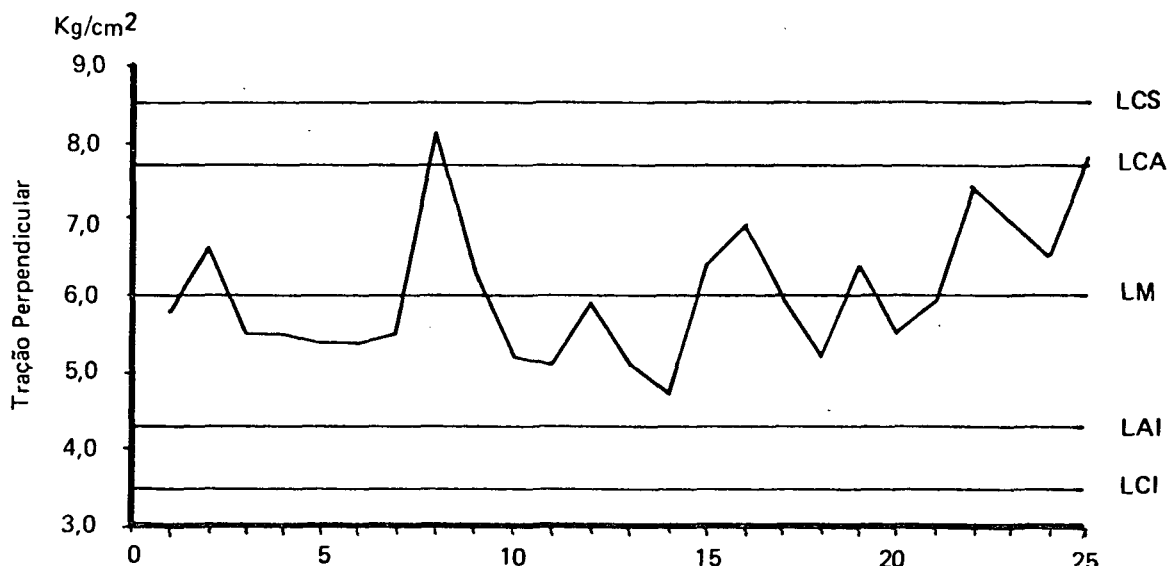


Figura nº 25

Da média da propriedade - tração perpendicular das chapas da linha II

A figura nº 25 mostra a distribuição das médias da propriedade tração perpendicular, em kg/cm<sup>2</sup>, das chapas da linha II, as quais podem ser verificadas no quadro nº 14 e no anexo nº 12, sendo assim interpretado:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 6,0 kg/cm<sup>2</sup> e com os valores médios, mínimo e máximo, das amostras de 4,7 e 8,1 kg/cm<sup>2</sup>, variando no intervalo de 3,4 kg/cm<sup>2</sup>.
- As especificações, baseadas na norma DIN 68.761, prevêem somente o limite inferior de controle, com o valor de 3,5 kg/cm<sup>2</sup>.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 4,3 e 7,7 kg/cm<sup>2</sup>.
- Os limites inferior e superior de controle calculados são de 3,5 e 8,5 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

- O limite inferior de controle calculado coincide com o valor especificado que é de 3,5 kg/cm<sup>2</sup>.
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, estando dentro dos limites calculados e atendendo a especificação. O ponto nº 8, ultrapassou o limite superior de advertência.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

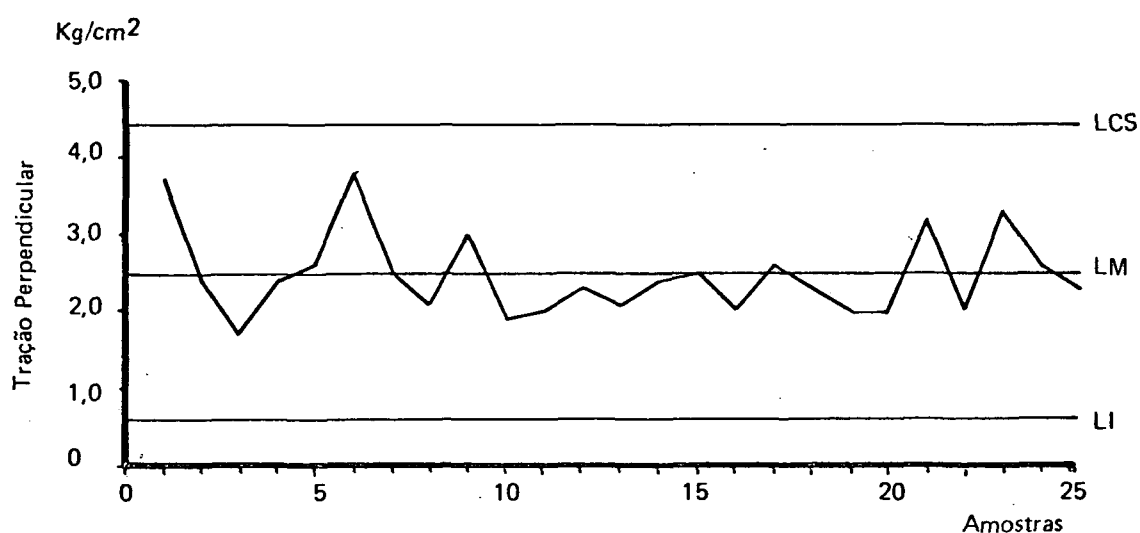


Figura nº 26

Da amplitude da propriedade - tração perpendicular da linha II

A figura nº 26 mostra a distribuição dos valores da amplitude da propriedade tração perpendicular, das chapas da linha II, os quais podem ser verificados no quadro nº 14 e no anexo nº 12, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de 2,5 kg/cm<sup>2</sup>, e os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de 1,7 e 3,8 kg/cm<sup>2</sup>, dando um intervalo de variabilidade de 2,1 kg/cm<sup>2</sup>.

- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 0,6 e 4,4 kg/cm<sup>2</sup>, dando uma faixa de variação de 3,8 kg/cm<sup>2</sup>.
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, estando dentro dos limites calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

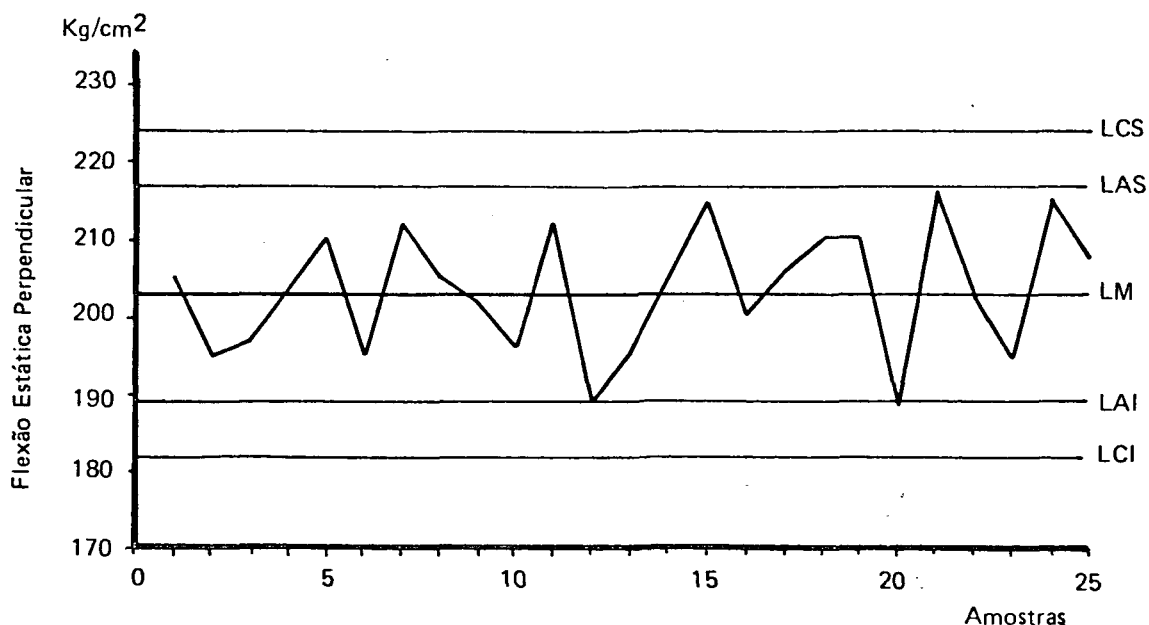


Figura nº 27

Da média da propriedade flexão estática perpendicular das chapas da linha II

A figura nº 27 apresenta a distribuição das médias da propriedade flexão estática perpendicular, em kg/cm<sup>2</sup>, das chapas da linha II, as quais podem ser observadas no quadro nº 14 e no anexo nº 13, sendo assim interpretado:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 203 kg/cm<sup>2</sup> e os valores médios, mínimo e máximo, das amostras de 188 e 216 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, variando em um intervalo de 30 kg/cm<sup>2</sup>.

- As especificações da produção, baseadas na norma DIN 68.761, prevêem somente o limite inferior de controle com o valor de 180 kg/cm<sup>2</sup>.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 189 e 217 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 182 e 224 kg/cm<sup>2</sup>.
- O limite de controle inferior calculado é maior do que o limite inferior especificado, indicando que o processo está atendendo a especificação.
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, estando dentro dos limites calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

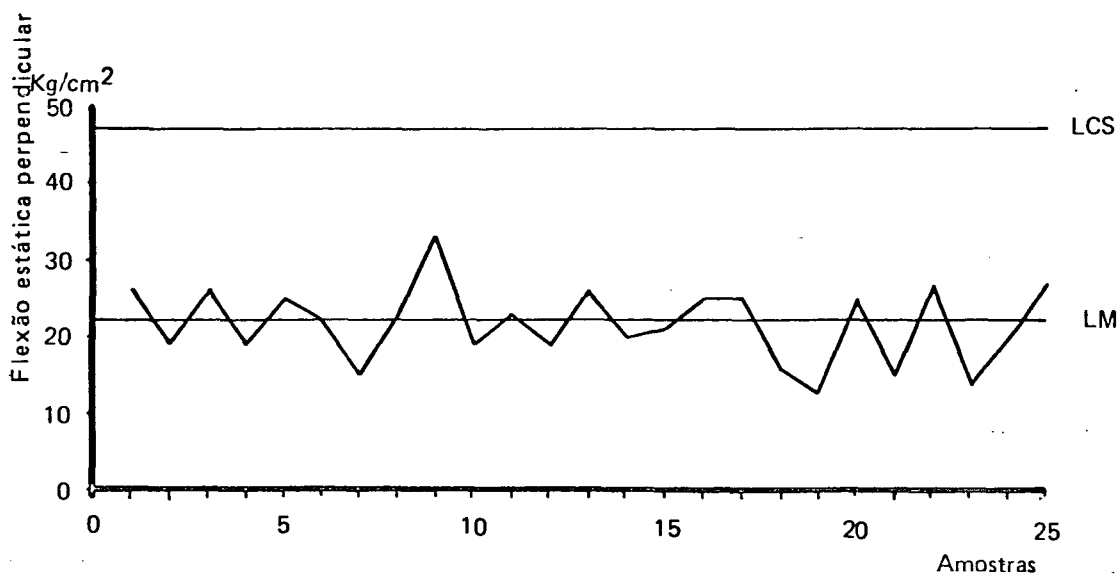


Figura nº 28

Amplitude da propriedade - flexão estática perpendicular das chapas da linha II

A figura nº 28 representa a distribuição dos valores da amplitude, da propriedade flexão estática perpendicular, em kg/cm<sup>2</sup>, das chapas da linha II, os quais podem ser observados no quadro nº 14 e no anexo nº 13, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de 22 kg/cm<sup>2</sup> e os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de 10 e 33 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.
- O limite de controle superior calculado é de 47 kg/cm<sup>2</sup>, e o limite inferior de controle calculado é considerado 0 (zero).
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, variando dentro dos limites calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

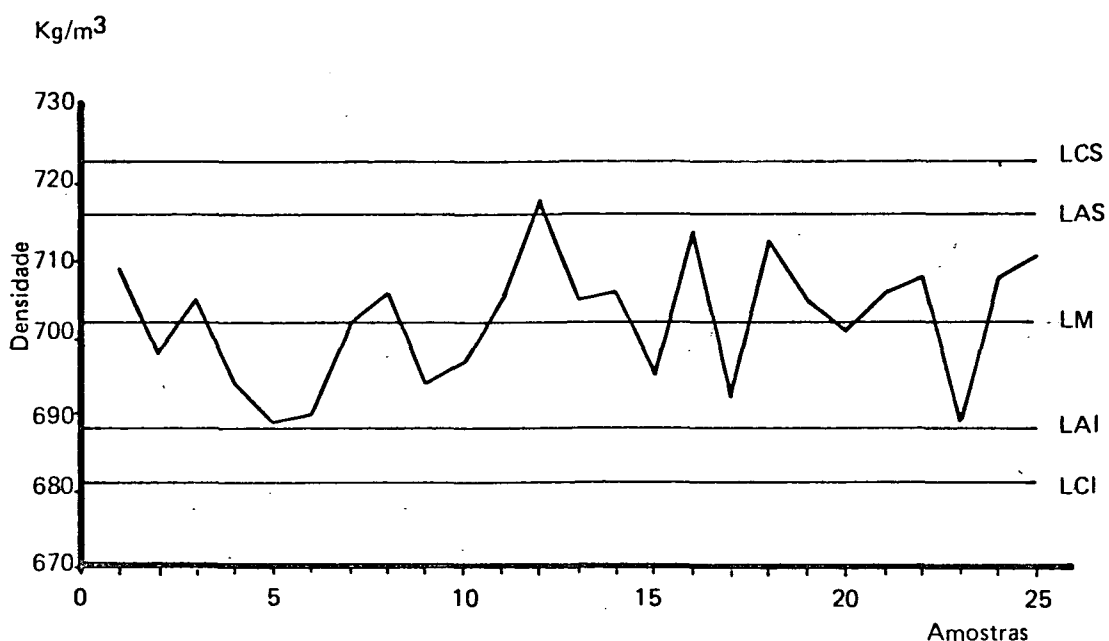


Figura nº 29

Da média da propriedade - densidade das chapas da linha II

Na figura nº 29 estão distribuídos os valores das médias da propriedade densidade, em kg/cm<sup>2</sup>, das chapas da linha III, que podem ser observados no quadro nº 14 e no anexo nº 14, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 702 kg/m<sup>3</sup> e com os valores médios, mínimo e máximo, das a mostras de 689 e 718 kg/m<sup>3</sup>, variando em um intervalo de 29 kg/m<sup>3</sup>.
- As especificações de produção, baseadas em normas próprias, determinam um valor médio de 700 kg/m<sup>2</sup> e uma variação de  $\pm 4\%$  da média, dando o intervalo de variação de 672 a 728 kg/m<sup>3</sup>.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 688 e 716 kg/m<sup>3</sup>.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 681 e 723 kg/m<sup>3</sup>, variando em um intervalo de 42 kg/m<sup>3</sup>.
- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média, dentro dos limites calculados e atendendo a especificação.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

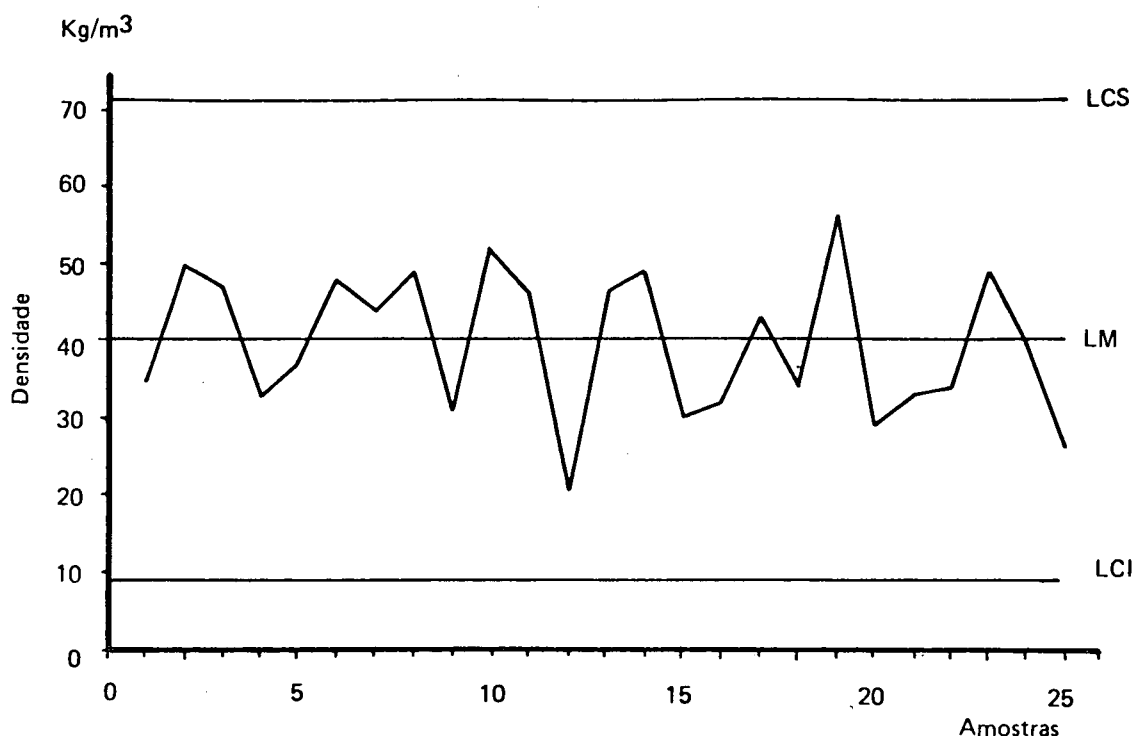


Figura nº 30

Da amplitude da propriedade - densidade das chapas da linha III

A figura nº 30 mostra a distribuição dos valores da amplitude da propriedade densidade, em  $\text{kg/m}^3$ , das chapas da linha III, os quais podem ser verificados no quadronº 15 e no anexo nº 14, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de  $40 \text{ kg/m}^3$  e com os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de 20 e  $56 \text{ kg/m}^3$ , variando em um intervalo de  $36 \text{ kg/m}^3$ .
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 9 e  $71 \text{ kg/m}^3$ , dando um intervalo de variação de  $62 \text{ kg/m}^3$ .
- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média e dentro dos limites calculados.



- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

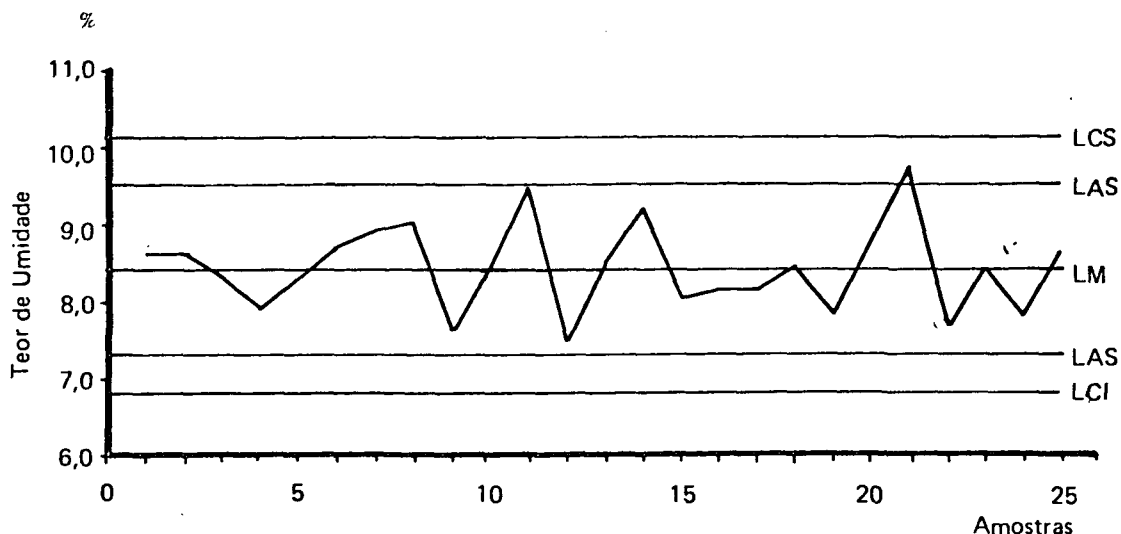


Figura nº 31

Da média da propriedade - teor de umidade das chapas da linha III

A figura nº 31 mostra a distribuição das médias das amostras da propriedade teor de umidade, em %, das chapas da linha III, as quais podem ser observadas no quadro nº 15 e no anexo nº 15, cuja interpretação é a seguinte:

- O processo está trabalhando com a média de 8,4% e com os valores mínimo e máximo, das amostras de 7,4 e 9,7%, respectivamente.
- As especificações da produção, baseadas na norma DIN 68.761, determinam um valor médio de 9,0%, com uma variação de  $\pm 3\%$  da média, no intervalo de 6 a 12%.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 7,3 e 9,5%, respectivamente.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 7,3 e 9,5%, respectivamente.

- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 6,8 e 10,1%, respectivamente, estando dentro dos limites de controle especificados, indicando que a tolerância de fabricação é menor do que a especificada e que o processo pode ser alargado.

- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média, dentro dos limites de controle calculados e atendendo a especificação.

- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

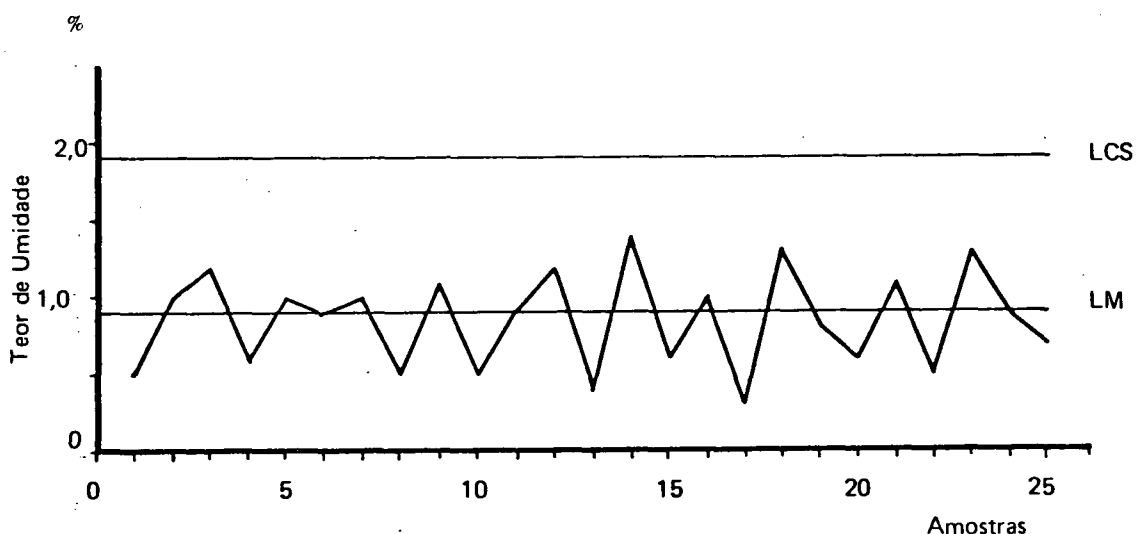


Figura nº 32

Da amplitude da propriedade - teor de umidade das chapas da linha III.

Na figura nº 32 estão distribuídos os valores da amplitude das amostras da variável teor de umidade das chapas da linha III, em %, os quais podem ser verificados no quadro nº 15 e no anexo nº 15, cuja interpretação é a seguinte:

- O valor médio da amplitude das amostras é de 0,9% e as amplitudes, mínima e máxima, são de 0,3 e 1,4%.

- Os limites, inferior e superior, de controle, calculados, são de 0 (zero) e 1,9%.
- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média e dentro dos limites de controle calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

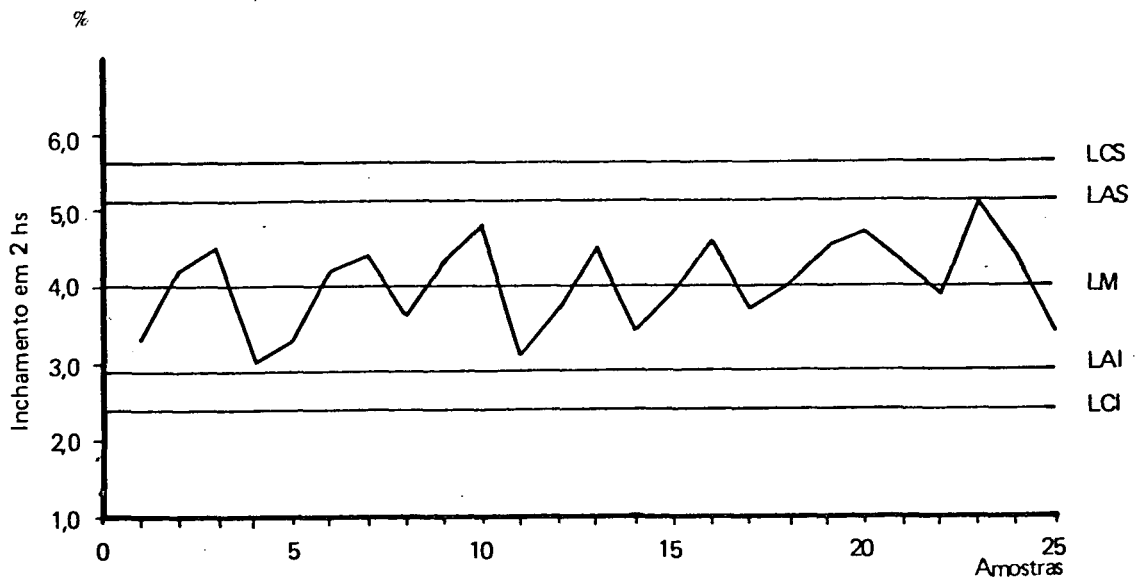


Figura nº 33

Da média da propriedade - inchamento em 2hs das chapas da linha III

Na figura nº 33 estão distribuídos os valores das médias da propriedade inchamento em 2 horas, em %, das chapas da linha III, os quais podem ser observados no quadro nº 15 e no anexo nº 16, podendo ser interpretados como segue:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 4,0% e com os valores médios, mínimo e máximo, das amostras, de 3,0 e 5,1%, variando em um intervalo de 2,1%.
- As especificações da produção, baseadas na norma DIN 68.761, determinam somente o limite de controle superior, no valor de 6%.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 2,4 e 5,6%, variando em um intervalo de 3,2%.

- O limite de controle superior calculado é menor do que o limite de controle superior especificado.
- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média dentro dos limites de controle calculados e atendendo a especificação.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

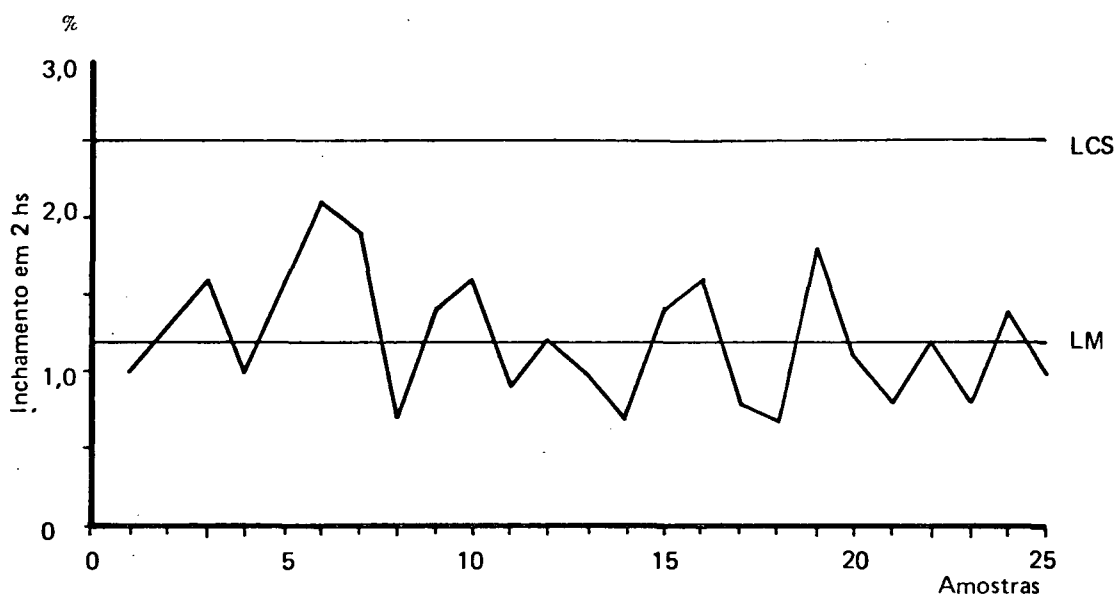


Figura nº 34

Da amplitude da propriedade - inchamento em 2 hs das chapas da linha III

A figura nº 34 mostra a distribuição dos valores da amplitude da propriedade inchamento em 2 horas, em %, das chapas da linha III, os quais podem ser observados no quadro nº 15 e no anexo nº 16, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de 1,2% e com os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de 0,7 e 2,1%, variando em um intervalo de 1,4%.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 0 (zero) e 2,5%.

- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média e dentro dos limites calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

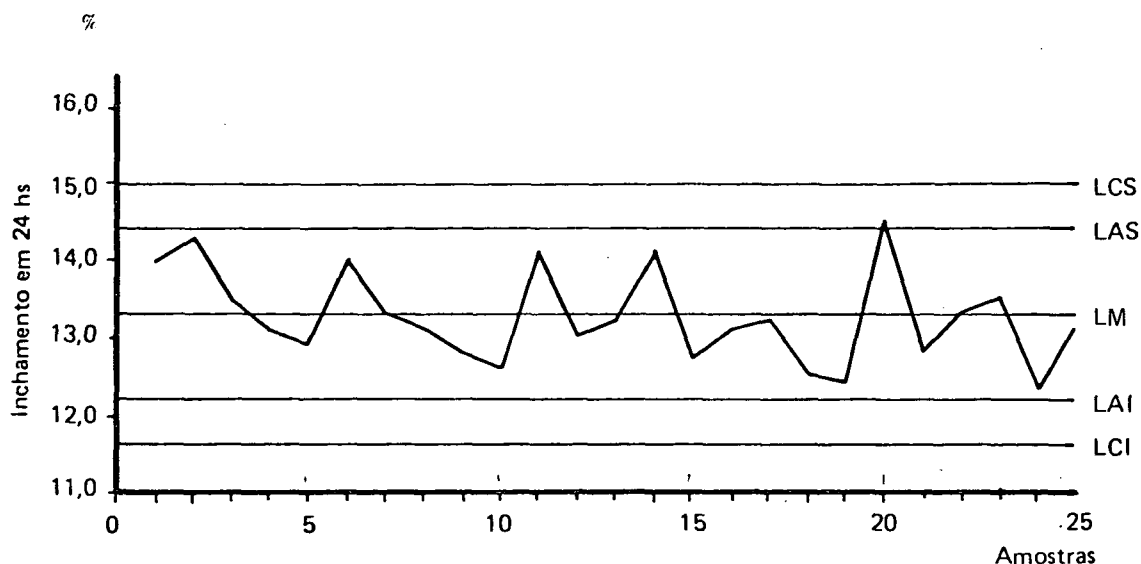


Figura nº 35

Da média da propriedade - inchamento em 24 hs das chapas da linha III

Na figura nº 35 estão distribuídos os valores das médias da propriedade inchamento em 24 horas, em %, das chapas da linha III, os quais podem ser verificados no quadro nº 15 e no anexo nº 17, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 13,3% e com os valores médios, mínimo e máximo, das amostras 12,3 e 14,5%, variando em um intervalo de 2,2%.
- As especificações da produção, baseadas na norma DIN 68.761, determinam somente o limite de controle superior, no valor de 15%.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 12,2 e 14,4%.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 11,6% e 15%, dando um intervalo de 3,4%.

- O limite de controle superior calculado coincide com o limite de controle superior especificado.
- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média, dentro dos limites calculados e atendendo a especificação.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

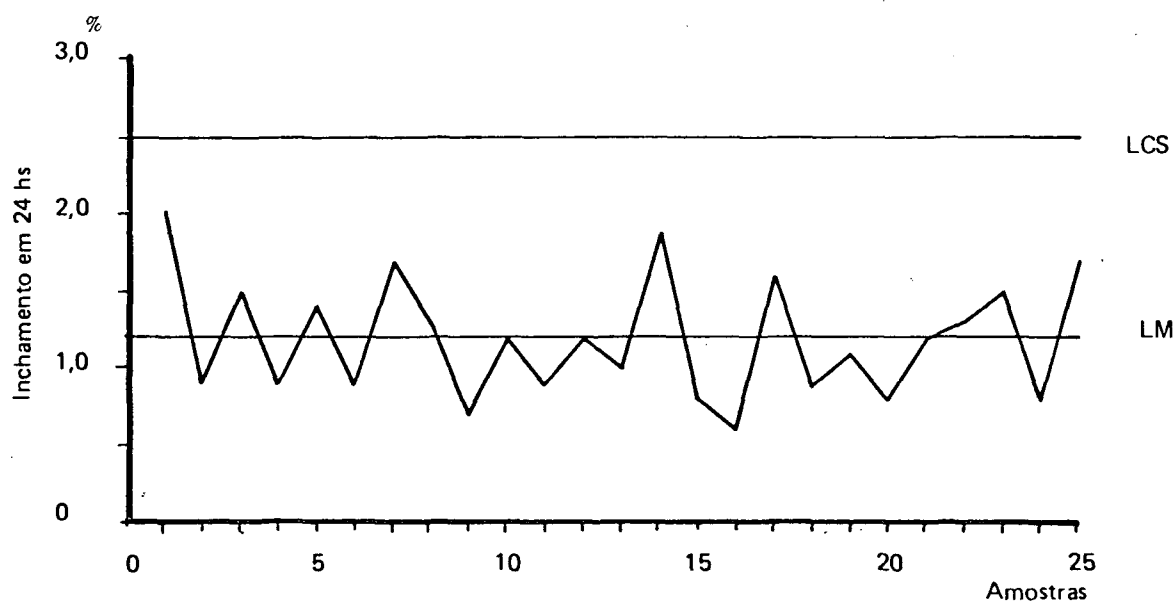


Figura nº 36

Da amplitude da propriedade - Inchamento em 24 hs  
das Chapas da linha III

Na figura nº 36 estão distribuídos os valores da amplitude da propriedade inchamento em 24 horas, em %, das chapas testadas da linha III, os quais podem ser observados no quadro nº 15 e no anexo nº 17, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de 1,2% e com os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de 0,6 e 2,0%, variando em um intervalo de 1,4%.

- Os limites de controle, inferior e superior, calculados, são de 0 (zero) e 2,5%, dando um intervalo de variação de 2,5%.
- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média, dentro dos limites calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

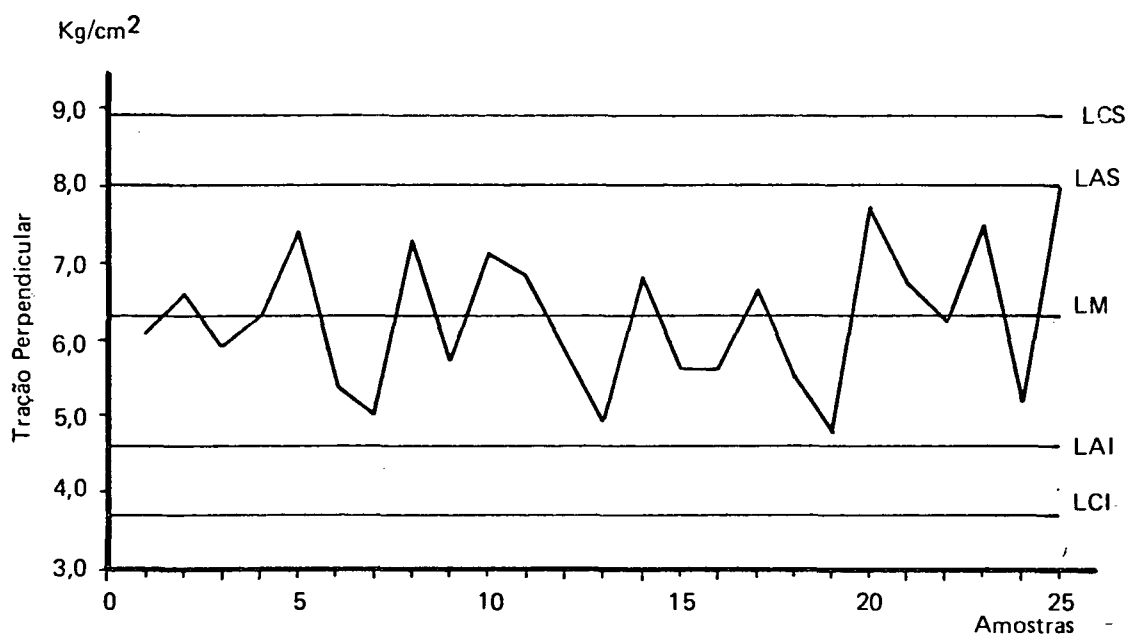


Figura nº 37

Da média da propriedade - tração perpendicular das chapas da linha III

Na figura nº 37 estão distribuídos os valores das médias das amostras da propriedade tração perpendicular, em kg/cm<sup>2</sup>, das chapas da linha III, cujos valores podem ser observados no quadro nº 15 e no anexo nº 18, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 6,3 kg/cm<sup>2</sup>, e com os valores médios, mínimo e máximo, das amostras de 4,8 e 8,0 kg/cm<sup>2</sup>, variando em um intervalo de 3,2 kg/cm<sup>2</sup>.

- As especificações baseadas na norma DIN 68.761, prevêem somente o limite inferior de controle, no valor de 3,5 kg/cm<sup>2</sup>.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 4,6 e 8,0 kg/cm<sup>2</sup>.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 3,7 e 8,9 kg/cm<sup>2</sup>.
- O limite de controle inferior calculado é maior do que o limite inferior especificado.
- A distribuição dos valores no gráfico é normal, estando dentro dos limites calculados e atendendo a especificação.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

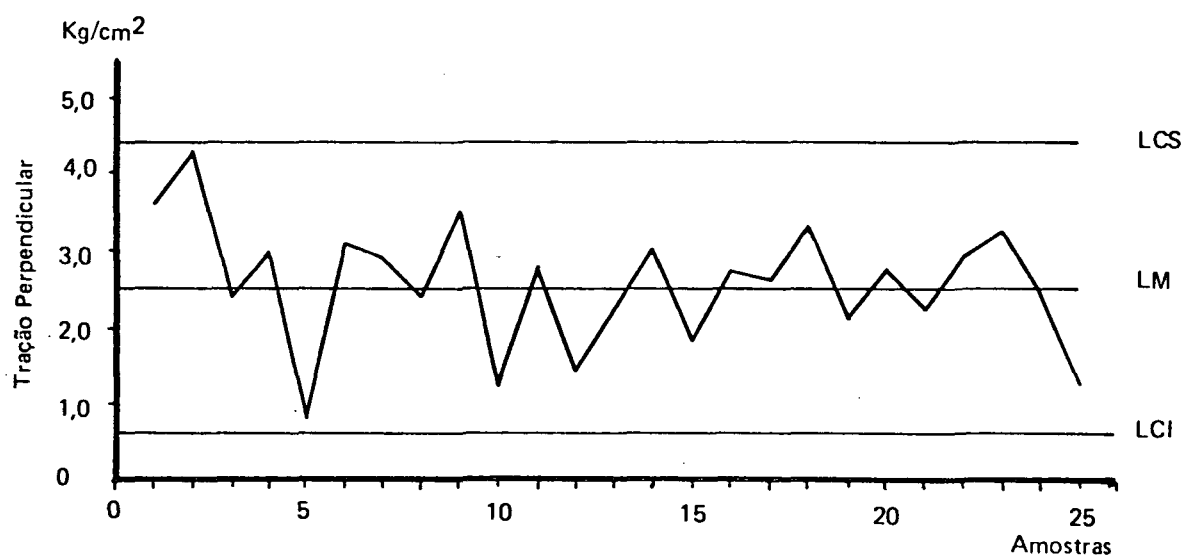


Figura nº 38

Da amplitude da propriedade - tração perpendicular das chapas da linha III.



A figura nº 38 mostra a distribuição dos valores da amplitude da propriedade tração perpendicular, em kg/cm<sup>2</sup>, das chapas da linha III, cujos valores estão no quadro nº 15, e no anexo nº 18, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de 2,5 kg/cm<sup>2</sup> e com os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de 0,8 e 4,3 kg/cm<sup>2</sup>.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 0,6 e 4,4 kg/cm<sup>2</sup>.
- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média e dentro dos limites calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

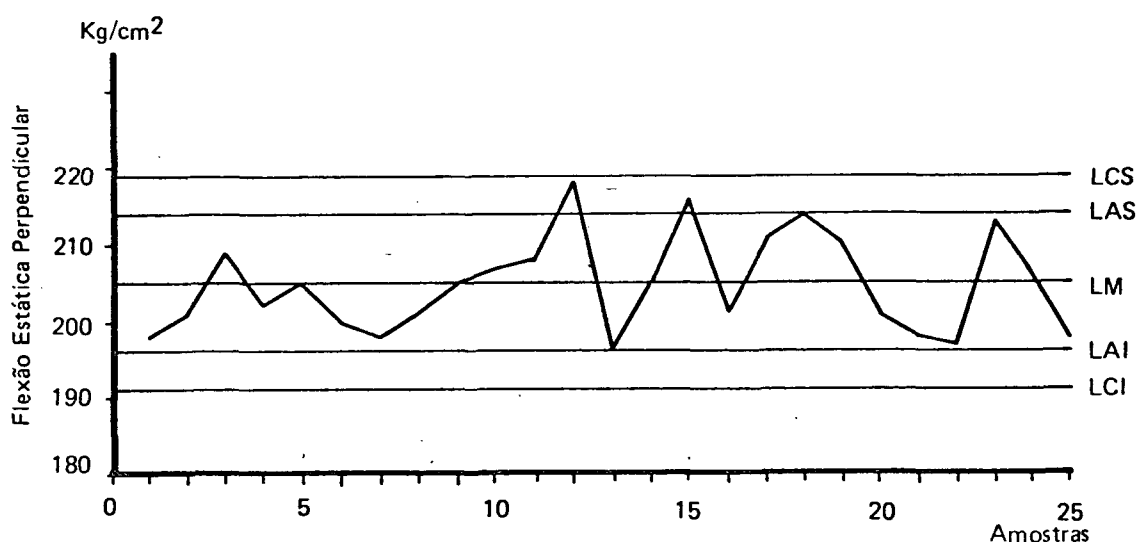


Figura nº 39

Da média da propriedade - flexão estática perpendicular das chapas da linha III

A figura nº 39 estão distribuídos os valores das médias da propriedade flexão estática perpendicular, em kg/cm<sup>2</sup>, das chapas da linha III, cujos valores podem ser verificados no quadro nº 15 e no anexo nº 19, sendo interpretados da seguinte maneira:

- O processo está trabalhando com o valor médio de 205 kg/cm<sup>2</sup> e com os valores médios, mínimo e máximo, das amostras de 196 e 218 kg/cm<sup>2</sup>, variando em um intervalo de 22 kg/cm<sup>2</sup>.
- As especificações da produção, baseadas na norma DIN 68.761, prevêm somente o limite de controle inferior, no valor de 180 kg/cm<sup>2</sup>.
- Os limites de advertência inferior e superior calculados são de 196 e 214 kg/cm<sup>2</sup>.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 191 e 219 kg/cm<sup>2</sup>, dando um intervalo de variação de 28 kg/cm<sup>2</sup>.
- O limite de controle inferior calculado é maior do que o limite inferior especificado.
- Os valores estão bem distribuídos em torno da linha média, dentro dos limites calculados e atendendo a especificação.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

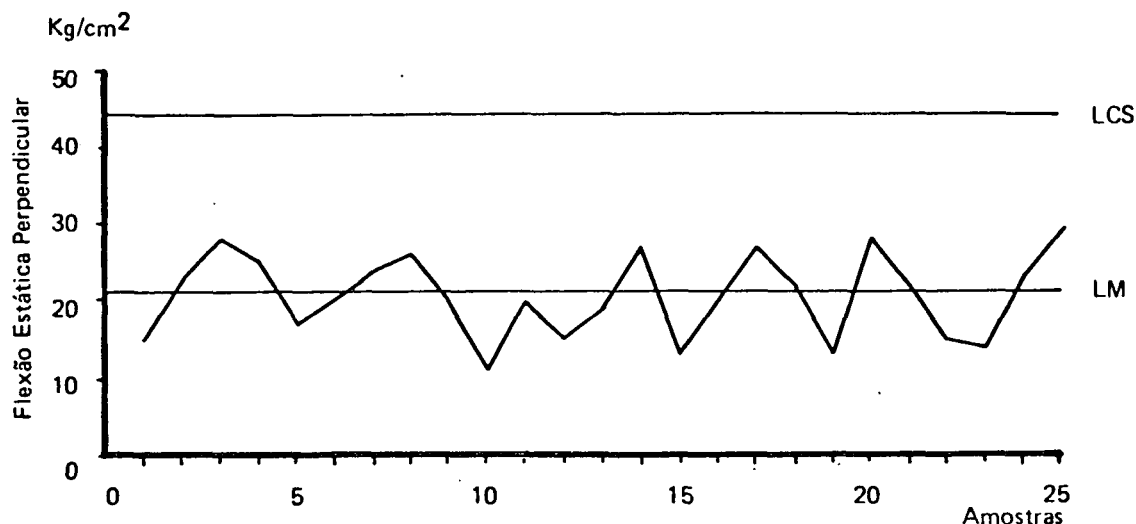


Figura nº 40

Da amplitude da propriedade - flexão estática perpendicular da chapa da linha III

Na figura nº 40 estão distribuídos os valores da amplitude da propriedade flexão estática perpendicular, em kg/cm<sup>2</sup>, das chapas da linha III, cujos valores podem ser observados no quadro nº 15 e no anexo nº 19, proporcionando a seguinte interpretação:

- O processo está trabalhando com a amplitude média de 21 kg/cm<sup>2</sup> e com os valores das amplitudes, mínima e máxima, das amostras de 11 e 29 kg/cm<sup>2</sup>, variando em um intervalo de 19 kg/cm<sup>2</sup>.
- Os limites de controle inferior e superior calculados são de 0 (zero) e 44 kg/cm<sup>2</sup>, dando um intervalo de variação de 44 kg/cm<sup>2</sup>.
- Os valores estão bem distribuídos em torno na linha média e dentro dos limites calculados.
- O processo está sob controle estatístico de qualidade.

#### 4.5 - CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES TESTADAS

Para determinar o nível de correlação existente entre as 6 propriedades estudadas de cada linha de produção, empregou-se a análise de correlação simples. Seu objetivo foi verificar a real necessidade de serem estudadas todas as 6 propriedades individualmente, ou a possibilidade de alguma ser suprimida e ter seu valor determinado em função de outra, visando a redução do número de testes a serem realizados no controle estatístico de qualidade.

Os resultados demonstraram, conforme as tabelas que seguem, que o nível de correlação, entre as propriedades estudadas de cada linha, foi baixo, indicando a necessidade do estudo de cada propriedade individualmente.

Quadro nº 16 - Coeficiente de correlação (R), entre as propriedades da Linha I

Propriedades	Teor umid.	tração	flexão	densid.	incham.2 hs	incham.24 hs
Teor umidade	1,0000	-0,2702	-0,2835	0,4064	-0,0346	0,0734
Tração	-0,2702	1,0000	0,1100	0,1883	-0,2409	-0,3253
Flexão	-0,2835	0,1100	1,0000	0,0095	-0,0626	-0,2179
Densidade	0,4064	0,1883	0,0095	1,0000	0,0910	0,1170
Incham. 2 hs	-0,0346	-0,2409	-0,0626	0,0910	1,0000	0,1009
Incham.24 hs	0,0734	-0,3253	-0,2179	0,1170	0,1009	1,0000

Quadro nº 17 - Coeficiente de correlação (R), entre as propriedades da Linha II

Propriedades	Teor umid.	tração	flexão	densid.	incham.2hs	incham.24 hs
Teor umidade	1,0000	0,0327	-0,3013	-0,3354	-0,0147	-0,0104
Tração	0,0327	1,0000	0,0657	-0,5146	-0,1563	-0,2390
Flexão	-0,3013	0,0657	1,0000	0,3416	-0,4179	-0,1548
Densidade	-0,3354	-0,5146	0,3416	1,0000	-0,3741	0,1132
Incham. 2 hs	-0,0147	-0,1563	-0,4179	-0,3741	1,0000	0,1601
Incham.24 hs	-0,0104	-0,2390	-0,1548	0,1132	0,1601	1,0000

Quadro nº 18 - Coeficiente de correlação (R), entre as propriedades da Linha III

Propriedades	Teor umid.	tração	flexão	densid.	incham.2 hs	incham.24 hs
Teor umidade	1,0000	0,3693	-0,3547	-0,0130	-0,1550	0,4419
Tração	0,3693	1,0000	-0,0807	-0,2101	-0,2312	0,3437
Flexão	-0,3547	-0,0807	1,0000	-0,0575	0,0598	-0,3274
Densidade	-0,0130	-0,2101	-0,0575	1,0000	-0,1010	-0,1334
Incham. 2 hs	-0,1550	-0,2312	0,0598	-0,1010	1,0000	-0,1450
Incham.24 hs	0,4419	0,3437	-0,3274	-0,1334	-0,1450	1,0000

## 5. DISCUSSÃO

## 5 - DISCUSSÃO

Este trabalho de controle de qualidade ateve-se ao controle do produto final, isto é, ao produto acabado, e sua intenção foi fornecer informações sobre a qualidade e a homogeneidade das chapas no momento de serem entregues ao mercado consumidor. Para isto, foram usadas chapas climatizadas, evitando-se desta forma, os erros sistemáticos que ocorrem durante o controle de qualidade imediato, devido a influência do teor de umidade das chapas, que logo após sua saída da prensa, varia de 6 a 8%, refletindo sensivelmente na espessura e, conseqüentemente, nas propriedades. Exemplo, a flexão estática, que medida com 7% de umidade, tem seu valor aumentado de 10 a 20 kg/cm<sup>2</sup>, depois da climatização; o inchamento, que diminui de 1 a 2%, conforme PLATH (1963).

Para os testes de controle de qualidade, foram escolhidas chapas com a espessura de 15mm, visto que esta foi a espessura produzida pela fábrica, durante o ano de 1976, em quantidade suficiente para satisfazer o número necessário de amostras para as três linhas de produção. Esta espessura é representativa, porque pela norma DIN 68.761, e de acordo com PLATH (1963), as propriedades especificadas para o grupo com espessuras de 13 a 19mm, são as mesmas, e este grupo representou 60% da produção da fábrica.

A escolha das propriedades estudadas baseou-se nos trabalhos de AKERS (1966), DEPPE E ERNST (1964 e 1973), KOLLMANN et al. (1975), MITLIN (1968), MOSLEMI (1974), PLATH (1963) e nas normas DIN (52361 a 52.365 e 68.761), que as elegeram, como as que apresentam maior interrelação com outras e possuem implicação direta na utilização das chapas de madeira aglomerada, e a necessidade de estudá-las separadamente foi comprovada pela análise de correlação simples (ver item 4.5).

O plano de amostragem consistiu em testar uma chapa pertencente a um lote de produção de 24 horas, a qual representava em termos percentuais 0,2% da produção, o que concorda com DEPPE e ERNST (1964), em que especificam que, economicamente, uma amostragem deve variar de 0,2 a 1,0% da produção.

As normas de controle determinam a retirada dos corpos de prova da faixa transversal, na metade do comprimento das chapas de teste. Mas, considerando o custo do material em estudo, e para não se perder totalmente as chapas, os corpos de prova foram retirados em uma faixa transversal de 30cm de largura, cortada a 10cm da extremidade das chapas, tendo em vista sua comercialização, o que está de acordo com DEPPE e ERNST(1964).

O número de corpos de prova usado neste trabalho, para cada propriedade por amostra, foi determinado com base em:

- Estatisticamente serem suficientes (ver resultado dos testes estatísticos, (quadros nºs 10, 11 e 12).
- Já estarem em uso nos trabalhos de controle da produção.
- Aproveitamento dos boletins impressos e da sistemática de trabalho.

Segundo DEPPE e ERNST(1964) e PLATH (1963), as chapas de madeira aglomerada constituem populações heterogêneas, fato verificado neste trabalho, através das análises de variância, que comprovaram a heterogeneidade das populações ao nível de 99,0% (ver anexos de número 2 a 19).

Para melhor clareza de exposição, a discussão sobre tolerância do processo versus especificação da produção, será apresentada por propriedade estudada por linha de produção:

#### Linha I

- Densidade: os limites de controle calculados foram mais estreitos do que a especificação da produção;
- Teor de umidade: os limites de controle calculados foram mais estreitos do que a especificação da produção;
- Inchamento em 2 hs.: o limite de controle superior calculado foi mais largo do que a especificação da produção;

- Inchamento em 24 hs.: o limite de controle superior calculado foi mais largo do que a especificação da produção;
- Tração perpendicular: o limite de controle inferior calculado foi mais estreito do que a especificação da produção;
- Flexão estática perpendicular: o limite de controle inferior calculado coincidiu com a especificação da produção.

#### Linha II

- Densidade: os limites de controle calculados foram mais estreitos do que a especificação da produção;
- Teor de umidade: os limites de controle calculados foram mais estreitos do que a especificação da produção;
- Inchamento em 2 hs.: o limite de controle superior calculado foi igual à especificação da produção;
- Inchamento em 24 hs.: o limite de controle superior calculado foi mais estreito do que a especificação da produção;
- Tração perpendicular: o limite de controle inferior calculado foi igual à especificação da produção;
- Flexão estática perpendicular: o limite de controle inferior calculado foi mais estreito do que a especificação da produção.

#### Linha III

- Densidade: os limites de controle calculados foram mais estreitos do que a especificação da produção;
- Teor de umidade: os limites de controle calculados foram mais estreitos do que a especificação da produção;



- Inchamento em 2 hs.: o limite de controle superior foi mais estreito do que a especificação da produção;
- Inchamento em 24 hs.: o limite de controle superior calculado foi igual à especificação da produção;
- Tração perpendicular: o limite de controle inferior calculado foi mais estreito do que a especificação da produção;
- Flexão estática perpendicular: o limite de controle inferior calculado foi mais estreito do que a especificação da produção.

Somente para as propriedades inchamento em 2 e 24 hs. das chapas testadas da linha I, as tolerâncias calculadas para o processo não satisfizeram as especificações da produção, visto que, a especificação para 2 hs. era de 6,0%, e a tolerância calculada foi de 6,5%; a especificação para 24 hs. era de 15%, e a tolerância calculada foi de 16,8%. Este fato indica que a probabilidade do número de dados estarem dentro dos limites unilaterais especificados pela produção era menor do que 49,86%, porque as tolerâncias do processo, calculadas no limite de  $\bar{X} + 3S_m$ , foram mais largas, mas apesar disto, estas propriedades estavam sob controle estatístico de qualidade.

As alterações nas especificações ou no processo de produção têm implicações de ordem técnica e econômica, devendo ser feito um estudo pelas gerências de fabricação e comercial, junto ao consumidores de madeira aglomerada, para verificar se este aumento nas tolerâncias do inchamento causaria problemas na utilização do aglomerado.

Para todas as outras propriedades estudadas, das três linhas de produção, as tolerâncias calculadas do processo satisfizeram as especificações da produção.

Pelos gráficos de controle, verificou-se que, para todas as propriedades estudadas, das três linhas de produção, os valores estavam bem distribuídos em torno da linha média, variando dentro dos limites calculados devido somente a fatores casuais, estando, portanto, todas as propriedades sob controle estatístico de qualidade.

## **6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O sistema de controle estatístico de qualidade para chapas de madeira aglomerada, usado neste trabalho, obteve precisos resultados, quanto à determinação do nível da qualidade e sua homogeneidade nas chapas, tolerâncias e variabilidade do processo de fabricação, comparação das tolerâncias com as especificações da produção, concluindo-se o seguinte:

- O plano de amostragem foi adequado.
- O sistema de coleta de amostras foi apropriado.
- O número de corpos de prova usado nos testes foi suficiente, podendo ser mantido.
- As tolerâncias calculadas para o processo das três linhas estavam dentro das especificações da produção, baseadas nas normas DIN e próprias, com exceção das propriedades inchamento em 2 e 24 hs., das chapas da linha I, que estavam fora.
- A variabilidade do processo de fabricação das três linhas foi menor do que as especificações da produção.
- O nível de qualidade das chapas pesquisadas foi maior e mais uniforme do que o especificado como necessário pela produção.
- As chapas testadas estavam sob controle estatístico de qualidade.
- Este sistema de controle estatístico de qualidade nas chapas de madeira aglomerada alcançou os objetivos esperados.

Estas conclusões permitem algumas recomendações para a indústria de chapas de madeira aglomerada e para estudos futuros de caráter nacional, neste campo, como as que seguem:

- Implantação do sistema, para que em bases contínuas, acompa-

nhe-se o comportamento do processo de fabricação pelas tolerâncias calculadas.

- O sistema de controle deve ser aplicado em outras propriedades para se ter melhor conhecimento da capacidade técnica das chapas.
- O sistema de controle deve ser realizado nos outros setores do processo de fabricação.
- Realização de um estudo junto aos consumidores de madeira aglomerada, no intuito de se determinar o nível de qualidade necessário e comparar com as tolerâncias calculadas para o processo e com as especificações da produção, para verificar se há necessidade de se fazer alguma alteração, tendo em vista os aspectos econômicos, com reflexos nos custos de produção.
- Estudos similares devem ser feitos por outras indústrias do ramo, pelas indústrias consumidoras e pelas instituições credenciadas pelo governo, em um esforço comum de padronização das normas para chapas de madeira aglomerada no Brasil.
- Realização do estudo de correlação múltipla para a possível eliminação dos testes de alguma propriedade.

## 7. RESUMO

## RESUMO

Este trabalho adaptou um sistema de controle estatístico de qualidade, como modelo, em uma fábrica nacional de chapas de madeira aglomerada, objetivando:

1. Calcular as tolerâncias de controle de qualidade determinadas pela variabilidade do processo;
2. Compará-las com as que estão em uso;
3. Determinar o nível de qualidade das chapas.

Com este propósito, durante o ano de 1976, foram coletadas amostras de chapas tipo standard, de 15 mm de espessura das três linhas de produção.

Inicialmente foi necessário determinar o plano de amostragem, o número de corpos de prova por amostra e o sistema de coleta das amostras.

Para as chapas das três linhas, foram estudadas as seguintes propriedades: densidade, teor de umidade, inchamento, em 2 e 24 horas de imersão em água, tração perpendicular e flexão estática perpendicular.

Com os dados acumulados realizou-se a análise de variância. Além disto, foram feitos gráficos de controle, mostrando os limites de advertência e os limites de controle dos valores médios e da amplitude de cada propriedade estudada. A avaliação do processo foi baseada na interpretação dos gráficos de controle.

Os resultados obtidos revelaram que o processo de fabricação das chapas de madeira aglomerada das três linhas de produção estava sob controle estatístico de qualidade, que o nível de qualidade das chapas era superior ao especificado como necessário, pela produção, e que a aplicação deste sistema de controle estatístico alcançou os objetivos propostos.

As conclusões deste trabalho permitiram algumas recomendações, dentre elas, a realização de um estudo junto aos consumidores de madeira aglomerada para se determinar o nível de qualidade necessário, para ver se há necessidade de se fazer alguma alteração no processo de produção; da mesma forma devem proceder as outras indústrias do ramo, as indústrias consumidoras e as instituições credenciadas pelo governo, em um esforço comum para estabelecer a padronização das normas para chapas de madeira aglomerada no Brasil.



### SUMMARY

This paper adapted a model statistical quality control system in a local particle board factory with the following objectives:

1. to calculate divergencies in quality control by variations in the production process.
2. to compare it with the systems presently in use.
3. to determine the quality of the particle boards.

With this purpose in mind standard particle board of 15 mm thickness were collected from the three production lines during the year of 1976.

Initially it was necessary to determine the plan of sampling, the number of samples and the system of collection.

The following properties of the boards from the three production lines were studied: density, moisture content, thickness swelling after 2 and 24 hours immersion in water, perpendicular traction and perpendicular static bending.

From the accumulated data the analysis of variance was deduced. Furthermore, control charts were produced showing the limits of caution and the limits of control for the average and range values for each property studied. The evaluation of the process was based on the interpretation of the control charts.

The results revealed that the production process of the particle boards from the three production lines is under statistical quality control, and that their quality exceeds the necessary requirements thus proving that the applied system of statistical quality control achieved its objectives.

The paper concludes among other things that it is necessary to effect a study among all particle board consumers to

determine minimum quality requirements and possible necessary alterations to the production process. Equally all other industries of this sector, the consumer industries and government accredited institutions should make the same studies in a common effort to establish standardized norms for particle boards in Brazil.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT (1977) - NB-309-04, Planos de Amostragem e Procedimentos na Inspeção por Variáveis, Rio de Janeiro, 45 p.
2. AKERS, L.E. (1966) - Particleboard and Hardboard, Pergamon Series of Monographs on Furniture and Timber, London, Vol. 4, 167 p.
3. BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - BNDE - A Indústria de Madeira Aglomerada no Brasil, Departamento de Informação e Orçamento, 1975, 50 p.
4. BISON, BÄHRE & GRETEN (1975 a) - Berechnung der Statistik vom gesamten Jahr, Springe-DBR, 13 p.
5. BISON, BÄHRE & GRETEN (1975 b) - Statistische Qualitätskontrolle, Auswertung und Bedeutung der benutzten Symbole, Springe-DBR, 7 p.
6. BISON, BÄHRE & GRETEN (1975 c) - Einetagen - Spanplattenanlagen Grunddokumentation, Springe-DBR, 21 p.
7. BISON, BÄHRE & GRETEN (1976) - Control de Laboratório, Boletim Técnico, Springe-DBR, 21 p.
8. BROWN, N.C. & BETHEL J.S. (1965) - La Industria Maderera, Editorial Limusa-Willey, S.A., México, 397 p.
9. CARNOS, B. (1976) - Madepan, A Nova Madeira, Instrução de Uso, Grupo Peixoto de Castro, Rio de Janeiro, 90 p.
10. DEPPE, H.H. & ERNST, K. (1964) - Technologie der Spanplatten, Holz-Zentralblatt Verlag, GmbH, Stuttgart, 283 p.
11. DEPPE, H.J. & ERNST, K. (1967) - Verarbeitung der Spanplatten, DRW-Verlags, GmbH, Stuttgart, 412 p.

12. DEPPE, H. J. & ERNST, K. (1973) - Fortschritte in der Splattententechnik, DRW-Verlags, Stuttgart, 149 p.
13. EKAMBARAM, S. K. (1971) - Fundamentos Estatísticos da Inspeção pos Amostragem, Editora Polígono S.A., São Paulo, 153 p.
14. EKAMBARAM, S. K. (1972) - A Base Estatística dos Gráficos de Controle de Qualidade, Editora Polígono, São Paulo, 163 p.
15. GENERAL ELETRIC DO BRASIL S.A. (1975) - Controle de Qualidade, Boletim Técnico, São Paulo, 38 p.
16. GINZEL, W. & PERAZA, C. (1966) - Tecnologia de Tableros de Partículas, Ministério de Agricultura, Instituto Florestal de Investigaciones y Experiências, Madrid, 187 p.
17. GRANT, L.E. & LEAVENWORTH, R.S. (1972) - Statistical Quality Control, fourth edition, Internation Student Edition, Mc Graw-Hill Kogakusha, Tokio, 694 p.
18. HOUWING, R. & SALOMON, G. (1967) - Adhesion and Adhesives, Elsevier Publishing Company, London, 590 p.
19. KOLLMANN, E.P.F. & KUENSI, E. W. & STAMM, A. J. (1975) - Principles of Wood Science and Technology II, Wood Based Materials, Springer Verlag, Berlin, 592 p.
20. LEAL, J. (1969) - Controle Estatístico de Qualidade, Departamento de Estatística, Economia e Administração da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 22 p.
21. LOURENÇO FILHO, R. (1974) - Controle Estatístico de Qualidade, Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 223p.
22. MAYER, R.R. (1972) - Administração da Produção, Editora Atlas, vol. 2, São Paulo, 388 p.

23. MITLIN, L. (1968) - Particleboard Manufacture & Application, Pressmedia Books Ltd., Great Britain, 223 p.
24. MOSLEMI, A.A. (1974) - Particleboard: Materials, Southern Illinois University Press, Illinois, vol. I, 244 p.
25. MOSLEMI, A.A. (1974) - Particleboard: Technology, Southern Illinois University Press, Illinois, vol. 2, 245 p.
26. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO - FAO (1959) - Tableros de Fibra y Tableros de Madera Aglomerada, Informe, Roma. 211 p.
27. PALMER, C.F. (1974) - Controle Total de Qualidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 122 p.
28. PARADINE, C.G. & RIVETT, B.H.P. (1974) - Métodos Estatísticos para Tecnologistas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 350 p.
29. PLATH, E. (1963) - Die Betriebskontrolle in der Spanplattenindustrie, Springer-Verlag, Berlin, 128 p.

## **9. ANEXOS**

## ANEXO Nº 1 - CONTROLE DE QUALIDADE DA FABRICAÇÃO DE CHAPAS DE MADEIRA AGLOMERADA

### 1. CONTROLE DA MATÉRIA-PRIMA

#### 1) Controle de partículas:

- Controle da composição das espécies de madeira
- Controle da geometria das partículas
- Controle das frações granulométricas das partículas
- Controle do pH das partículas sem e com cola
- Determinação da percentagem de sólidos resinosos nas partículas com cola
- Controle do teor de umidade das partículas:
  - . antes do secador
  - . depois do secador
  - . antes da prensa

#### 2) Controle dos produtos químicos:

- Determinação do peso específico
- Controle da viscosidade
- Controle do pH
- Determinação do teor de sólidos
- Controle do tempo de gelificação da cola

### 2. CONTROLE DE PRODUÇÃO

- Controle do consumo de cola por peso de partícula usada
- Controle da formação do colchão:
  - . peso específico aparente
  - . planitude
  - . irregularidades de formação
- Controle da prensa:
  - . temperatura
  - . pressão
  - . tempos de prensagem
  - . espessura e tolerância



- Controle imediato:
  - . espessura
  - . peso
  - . densidade
  - . resistência a tração
- Controle das dimensões:
  - . espessura
  - . comprimento
  - . largura
  - . esquadrejamento
- Controle no lixamento:
  - . ocorrência de defeitos
  - . classificação das chapas
  - . qualidade do lixamento
  - . espessura final

ANEXO Nº 2 - Análise de Variância da Propriedade Densidade das Chapas da Linha I (kg/m<sup>3</sup>)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{X}$	$X_{\min}$	$X_{\max}$	R	$s^2$
1	7.148,0	5.111.164	715	695	730	35	197,066
2	6.979,0	4.873.931	698	679	730	51	365,211
3	7.189,0	5.169.225	719	705	730	30	116,988
4	6.860,0	4.706.402	686	678	698	20	49,111
5	7.170,0	5.141.522	717	702	725	23	70,222
6	7.143,0	5.102.631	714	707	726	19	42,900
7	6.924,0	4.795.012	692	680	708	28	92,711
8	6.974,0	4.869.176	697	670	730	60	612,044
9	7.034,0	4.949.098	703	685	718	33	153,600
10	7.088,0	5.024.930	709	693	728	33	106,177
11	7.054,0	4.980.158	705	672	729	57	474,044
12	6.981,0	4.874.837	698	678	712	34	155,655
13	6.920,0	4.791.954	692	677	730	58	368,222
14	6.968,0	4.856.274	697	683	712	29	107,955
15	7.134,0	5.090.570	713	699	730	31	130,488
16	6.911,0	4.777.915	691	678	722	44	191,433
17	6.898,0	4.759.072	690	681	713	32	92,400
18	7.038,0	4.956.708	704	675	728	53	373,733
19	7.036,0	4.951.620	704	687	716	29	121,155
20	6.962,0	4.847.384	696	686	708	22	48,844
21	7.061,0	4.986.541	706	691	723	32	85,433
22	7.093,0	5.034.279	709	680	730	50	357,122
23	6.933,0	4.807.137	693	682	703	21	54,233
24	6.887,0	4.744.229	689	674	705	31	128,011
25	6.927,0	4.799.001	693	678	702	24	74,233
$\Sigma$	175.312	123.000.770	17.532			879	4.568,911
$\bar{X}$						35	182,759
$\bar{\bar{X}}$			701				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	$s^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	22.460	24	935,833	5,12	1,89	99,0 %
Dentro	41.121	225	182,760			
Total	63.581	249	255,345			

ANEXO Nº 3 - Análise de Variância da Propriedade Teor de Umidade das Chapas da Linha I (%)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{X}$	$x_{\min}$	$x_{\max}$	R	$s^2$
1	48,3	466,89	9,7	9,4	10,0	0,6	0,078
2	46,1	425,63	9,2	8,8	9,7	0,9	0,147
3	46,8	438,30	9,4	9,0	9,6	0,6	0,063
4	38,8	301,62	7,8	7,3	8,3	1,0	0,133
5	44,9	403,27	9,0	8,9	9,1	0,3	0,017
6	44,5	396,15	8,9	8,7	9,1	0,4	0,025
7	43,3	375,11	8,7	8,4	8,9	0,5	0,033
8	36,8	271,00	7,4	7,1	7,6	0,5	0,038
9	47,4	450,54	9,5	9,0	10,2	1,2	0,297
10	45,3	411,27	9,1	8,5	9,7	1,2	0,213
11	47,2	446,20	9,4	8,9	9,9	1,0	0,158
12	43,0	370,46	8,6	7,9	8,9	1,0	0,165
13	39,2	307,78	7,8	7,3	8,2	0,9	0,113
14	37,8	285,88	7,6	7,4	7,8	0,4	0,028
15	40,2	324,16	8,0	7,3	8,6	1,3	0,238
16	42,7	364,71	8,5	8,4	8,7	0,3	0,013
17	38,8	301,20	7,8	7,5	7,9	0,4	0,028
18	39,9	318,55	8,0	7,7	8,2	0,5	0,037
19	38,9	303,07	7,8	7,3	8,2	0,9	0,107
20	42,9	368,95	8,6	7,9	9,1	1,2	0,217
21	46,3	429,63	9,3	8,6	9,9	1,3	0,223
22	38,0	289,08	7,6	7,2	7,9	0,7	0,070
23	41,7	348,35	8,3	8,0	8,9	0,9	0,143
24	46,5	432,79	9,3	8,9	9,6	0,7	0,085
25	39,5	313,25	7,9	7,2	8,5	1,3	0,300
$\Sigma$	1.064,8	9.143,84	213,2			20,1	2,969
$\bar{X}$						0,8	0,11976
$\bar{\bar{X}}$			8,5				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	$s^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	61,572	24	2,566	21,56	1,98	99,0 %
Dentro	11,876	100	0,119			
Total	73,448	124	0,592			

ANEXO Nº 4 - Análise de Variância da Propriedade Inchamento em 2 horas das Chapas da Linha I (%)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	$x_{\min}$	$x_{\max}$	R	$s^2$
1	18,6	72,14	3,7	3,0	5,0	2,0	0,737
2	20,5	85,89	4,1	3,4	5,1	1,7	0,460
3	23,5	113,83	4,7	3,5	6,0	2,5	0,845
4	17,9	64,71	3,6	3,2	4,2	1,0	0,157
5	13,9	39,09	2,8	2,4	3,2	0,8	0,112
6	25,7	133,57	5,1	4,2	5,8	1,6	0,368
7	15,5	49,59	3,1	2,6	4,0	1,4	0,385
8	14,4	42,26	2,9	2,4	3,5	1,1	0,197
9	23,2	110,04	4,6	3,5	5,5	2,0	0,598
10	25,9	134,81	5,2	4,6	5,6	1,0	0,162
11	18,5	70,71	3,7	3,0	4,8	1,8	0,565
12	27,5	151,77	5,5	5,0	6,0	1,0	0,130
13	18,2	66,54	3,6	3,3	4,0	0,7	0,073
14	23,3	110,79	4,7	3,9	5,7	1,8	0,553
15	17,5	62,23	3,5	2,8	4,1	1,3	0,245
16	25,7	133,05	5,1	4,7	6,4	1,0	0,238
17	24,1	117,73	4,8	4,0	5,6	1,6	0,392
18	17,3	60,45	3,5	3,0	3,9	0,9	0,148
19	19,5	77,75	3,9	3,0	4,5	1,5	0,425
20	14,2	41,88	2,8	2,8	3,9	1,1	0,388
21	15,6	50,06	3,1	2,0	3,6	1,6	0,347
22	24,8	123,90	5,0	4,4	5,7	1,3	0,223
23	18,6	69,88	3,7	3,1	4,1	1,0	0,172
24	14,2	40,76	2,8	2,6	3,4	0,8	0,108
25	23,8	114,36	4,8	4,0	5,4	1,4	0,268
$\Sigma$	501,9	2.137,79	100,3			33,9	8,296
$\bar{x}$						1,4	0,332
$\bar{\bar{x}}$			4,0				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	$s^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	89,37	24	3,723	11,21	1,98	99,0 %
Dentro	33,19	100	0,332			
Total	122,56	124	0,988			

ANEXO Nº 5 - Análise de Variância da Propriedade Inchamento em 24 horas das Chapas da Linha I (%)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	$X_{min}$	$X_{max}$	R	$S^2$
1	68,0	926,92	13,6	12,7	14,5	1,8	0,530
2	65,2	851,82	13,0	12,5	14,1	1,6	0,403
3	62,4	782,96	12,5	11,7	14,1	2,4	1,052
4	72,6	1.055,26	14,5	13,9	15,0	1,1	0,277
5	61,3	754,89	12,3	11,0	13,3	2,3	0,838
6	72,4	1.048,48	14,5	14,2	14,6	0,4	0,032
7	66,4	885,52	13,3	12,1	14,5	2,4	0,932
8	55,7	623,19	11,1	10,1	12,3	2,2	0,673
9	72,4	1.049,06	14,5	14,0	15,0	1,0	0,177
10	70,8	1.002,94	14,2	13,8	14,6	0,8	0,103
11	56,6	642,70	11,3	10,5	12,0	1,5	0,497
12	60,2	727,28	12,0	11,1	12,9	1,8	0,618
13	69,9	978,11	14,0	13,6	14,8	1,2	0,227
14	62,2	773,98	12,4	12,1	12,7	0,6	0,053
15	73,8	1.089,50	14,8	14,5	15,0	0,5	0,053
16	68,1	930,63	13,6	12,6	14,5	1,9	0,777
17	60,7	737,77	12,1	11,6	12,8	1,2	0,218
18	67,3	906,27	13,5	13,1	13,9	0,8	0,103
19	54,0	584,20	10,8	10,0	11,3	1,3	0,250
20	72,7	1.057,95	14,5	13,9	15,0	1,1	0,223
21	62,7	786,47	12,5	12,3	12,9	0,6	0,053
22	67,7	917,07	13,5	13,1	13,9	0,8	0,103
23	72,0	1.037,68	14,4	13,9	14,9	1,0	0,220
24	54,9	606,73	11,0	10,1	12,4	2,3	0,982
25	55,7	620,67	11,1	10,9	11,4	0,5	0,043
$\Sigma$	1.625,7	21.378,05	325,0			33,1	9,437
$\bar{X}$						1,3	0,377
$\bar{\bar{X}}$			13,0				

Análise de Variância

FONTE DE VARIÂNCIA	SQD	GL	$S^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	197,1	24	8,213	21,78	1,98	99,0 %
Dentro	37,75	100	0,377			
Total	234,85	124	1,894			

ANEXO Nº 6 - Análise de Variância da Propriedade Tração Perpendicular das Chapas da Linha I (Kg/cm<sup>2</sup>)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	$x_{\min}$	$x_{\max}$	R	$s^2$
1	64,1	415,13	6,4	5,6	7,7	2,1	0,472
2	53,2	286,80	5,3	4,2	6,5	2,3	0,420
3	72,4	534,46	7,2	5,8	8,6	2,8	1,143
4	63,2	414,74	6,3	3,8	8,0	4,2	1,702
5	58,6	352,74	5,9	5,2	8,6	3,4	1,038
6	45,7	211,65	4,6	3,9	5,4	1,5	0,311
7	63,1	412,51	6,3	4,0	7,7	3,7	1,594
8	73,7	553,09	7,4	6,0	8,8	2,8	1,102
9	45,3	215,49	4,5	3,5	6,5	3,0	1,142
10	67,3	459,51	6,7	5,5	7,9	2,4	0,731
11	55,5	319,31	5,6	4,0	7,8	3,8	1,254
12	56,0	317,46	5,6	4,2	6,6	2,4	0,429
13	49,1	245,81	4,9	3,9	6,1	2,2	0,525
14	74,0	554,14	7,4	6,3	8,3	2,0	0,726
15	67,7	467,25	6,8	4,8	7,9	3,1	0,991
16	52,1	276,61	5,2	4,0	6,5	2,5	0,574
17	58,6	352,74	5,9	5,2	8,6	3,4	1,038
18	64,1	416,19	6,4	5,5	7,5	2,0	0,590
19	70,9	514,21	7,1	5,4	8,4	3,0	1,281
20	59,1	366,31	5,9	3,5	7,8	4,3	1,892
21	63,1	402,25	6,3	5,0	7,1	2,1	0,454
22	69,1	484,11	6,9	5,6	8,0	2,4	0,737
23	51,2	264,54	5,1	4,3	5,8	1,5	0,266
24	67,9	468,53	6,8	4,9	8,0	3,1	0,832
25	51,3	265,99	5,1	4,1	6,0	1,9	0,313
$\Sigma$	1.516,3	9.571,57	151,6			67,9	21,557
$\bar{x}$						2,7	0,862
$\bar{\bar{x}}$			6,1				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	$s^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	180,87	24	7,536	8,74	1,89	99,0%
Dentro	194,04	225	0,862			
Total	374,91	249	1,506			

ANEXO Nº 7 - Análise de Variância da Propriedade Flexão Estática  
Perpendicular das Chapas da Linha I (Kg/cm<sup>2</sup>)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	R	S <sup>2</sup>
1	963	185.957	193	180	208	28	120,8
2	978	191.516	196	185	204	19	54,8
3	991	196.127	198	183	208	25	102,7
4	1.043	217.841	209	196	219	23	67,8
5	1.063	226.231	213	201	220	19	59,3
6	980	192.414	196	185	206	21	83,5
7	1.024	210.376	205	191	219	28	165,2
8	1.086	236.070	217	210	226	16	47,7
9	1.067	228.135	213	195	221	26	109,3
10	982	193.458	196	186	212	26	148,3
11	1.051	221.203	210	199	219	20	70,7
12	1.061	225.649	212	193	220	27	126,2
13	977	191.121	195	186	206	20	53,8
14	1.044	218.508	209	195	223	28	130,2
15	1.084	235.094	217	210	222	12	20,7
16	1.008	203.646	202	190	214	24	108,3
17	1.025	210.707	205	195	219	24	145,5
18	940	176.786	188	185	195	10	16,5
19	1.045	218.837	209	196	220	24	108,0
20	1.081	234.139	216	204	227	23	106,7
21	1.090	237.926	218	206	228	22	76,5
22	1.078	232.786	216	200	225	25	92,3
23	968	187.560	194	185	199	14	38,8
24	963	185.917	193	185	211	26	110,8
25	1.101	242.545	220	214	226	12	26,2
$\Sigma$	25.693	5.301.249	5.140			542	2.190,6
$\bar{x}$						22	87,62
$\bar{x}$			206				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	S <sup>2</sup>	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	11.446,6	24	476,941	5,44	1,98	99,0%
Dentro	8.762,4	100	87,624			
Total	20.209,0	124	162,976			

ANEXO Nº 8 - Análise de Variância da Propriedade Densidade das Chapas da Linha II (Kg/m<sup>3</sup>)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	R	S <sup>2</sup>
1	7.026	4.938.966	703	680	733	53	277,600
2	6.890	4.750.030	689	667	716	49	313,333
3	6.992	4.889.656	699	690	716	26	94,400
4	7.023	4.934.141	702	683	727	44	209,789
5	7.184	5.161.354	718	705	725	20	40,938
6	7.038	4.956.708	704	675	728	53	373,733
7	7.058	4.983.958	706	680	730	50	269,067
8	6.911	4.777.915	691	678	722	44	191,433
9	6.940	4.817.528	694	679	710	31	129,778
10	7.080	5.013.072	708	700	719	19	48,000
11	7.095	5.034.363	709	698	720	22	51,167
12	6.886	4.743.188	689	675	712	37	165,378
13	7.066	4.994.204	707	690	726	36	152,044
14	7.055	4.979.567	706	678	727	49	251,611
15	7.134	5.090.570	713	699	730	31	130,489
16	7.076	5.008.268	708	691	726	35	143,378
17	6.917	4.786.969	692	678	721	43	275,567
18	7.143	5.102.631	714	709	726	17	42,900
19	7.061	4.986.697	706	692	721	29	102,767
20	7.059	4.985.971	706	678	727	49	335,878
21	7.105	5.048.517	711	698	722	24	46,066
22	6.860	4.706.402	686	678	698	20	49,111
23	7.090	5.028.192	709	695	730	35	153,556
24	7.022	4.931.424	702	690	714	24	63,956
25	6.927	4.799.001	693	678	702	24	74,233
$\Sigma$	175.638	123.449.292	17.565			866	3.986.157
$\bar{x}$						35	159.446
$\bar{x}$			703				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	S <sup>2</sup>	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	18.589	24	774.542	4,86	1,89	99,0%
Dentro	35.875	225	159.444			
Total	54.464	249	218.730			



ANEXO Nº 9 - Análise de Variância da Propriedade Teor de Umidade das Chapas da Linha II (%)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	$X_{\min}$	$X_{\max}$	R	$S^2$
1	43,2	373,70	8,6	8,1	9,0	0,9	0,113
2	44,0	387,40	8,8	8,5	9,1	0,6	0,050
3	47,2	446,04	9,4	9,1	9,9	0,8	0,118
4	45,2	409,60	9,0	8,4	9,4	1,0	0,248
5	39,6	313,88	7,9	7,5	8,1	0,6	0,062
6	44,7	399,97	8,9	8,6	9,4	0,8	0,088
7	47,9	460,09	9,6	8,8	10,3	1,5	0,302
8	48,9	479,27	9,8	9,0	10,3	1,3	0,257
9	41,6	346,62	8,3	8,0	8,9	0,9	0,127
10	44,2	391,38	8,8	8,3	9,4	1,1	0,163
11	48,2	465,10	9,6	9,1	10,0	0,9	0,113
12	42,7	364,81	8,5	8,3	8,8	0,5	0,038
13	43,1	371,91	8,6	8,3	9,0	0,7	0,097
14	40,7	331,75	8,1	7,7	8,6	0,9	0,113
15	39,0	304,72	7,8	7,3	8,3	1,0	0,130
16	43,2	373,72	8,6	8,3	9,1	0,8	0,118
17	47,9	459,17	9,6	9,3	10,0	0,7	0,072
18	39,2	307,68	7,3	7,5	8,3	0,8	0,088
19	38,0	289,32	7,6	7,1	8,1	1,0	0,130
20	45,1	407,49	9,0	8,5	9,6	1,1	0,172
21	39,5	312,39	7,9	7,6	8,3	0,7	0,085
22	40,1	322,23	8,0	7,7	8,7	1,0	0,156
23	43,9	386,87	8,8	8,4	9,5	1,1	0,357
24	38,8	301,70	7,8	7,3	8,2	0,9	0,153
25	46,0	423,54	9,2	8,8	9,6	0,8	0,085
$\Sigma$	1.081,9	9.430,35	216,0			22,4	3,435
$\bar{x}$						0,9	0,137
$\bar{x}$			8,6				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQL	GL	$S^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	52,61	24	2,192	15,95	1,98	99,0%
Dentro	13,74	100	0,137			
Total	66,40	124	0,535			

ANEXO Nº 10 - Análise de Variância da Propriedade Inchamento 2 horas das Chapas da Linha II (%)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	$x_{min}$	$x_{max}$	R	$s^2$
1	17,4	61,30	3,5	3,0	4,0	1,0	0,187
2	20,5	85,89	4,1	3,4	5,1	1,7	0,460
3	23,4	110,80	4,7	4,1	5,5	1,4	0,322
4	17,9	64,71	3,6	3,2	4,2	1,0	0,157
5	15,2	46,62	3,0	2,5	3,3	0,8	0,103
6	23,6	110,39	4,7	3,9	5,5	1,6	0,453
7	15,5	49,59	3,1	2,6	4,0	1,4	0,385
8	15,1	46,33	3,0	2,4	3,5	1,1	0,182
9	22,1	99,51	4,4	3,5	5,1	1,5	0,457
10	26,9	145,41	5,4	5,0	6,0	1,0	0,172
11	18,0	65,70	3,6	3,0	4,3	1,3	0,225
12	27,5	149,22	5,4	4,8	6,0	1,2	0,313
13	18,2	63,31	3,5	3,1	4,0	0,9	0,163
14	23,3	110,79	4,7	3,9	5,7	1,8	0,553
15	17,5	62,23	3,5	2,8	4,1	1,3	0,245
16	27,0	98,58	4,4	3,7	5,4	1,7	0,445
17	24,1	117,73	4,8	5,6	4,0	1,6	0,392
18	15,2	50,70	3,2	2,6	3,6	1,0	0,193
19	19,5	77,75	3,9	3,0	4,5	1,5	0,425
20	15,7	50,07	3,1	2,5	3,6	1,1	0,193
21	17,1	59,81	3,4	2,6	4,2	1,6	0,332
22	21,2	91,14	4,2	3,5	5,0	1,5	0,313
23	18,6	69,88	3,7	3,1	4,1	1,0	0,172
24	21,6	94,86	4,3	3,4	4,9	1,4	0,387
25	16,4	54,42	3,8	2,6	3,6	1,0	0,157
$\Sigma$	493,0	2.036,74	99,0			32,4	7,386
$\bar{x}$						1,3	0,295
$\bar{\bar{x}}$			4,0				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	$s^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	62,804	24	2,617	8,87	1,98	99,0%
Dentro	29,544	100	0,295			
Total	92,348	124	0,745			

ANEXO Nº 11 - Análise de Variância da Propriedade Inchamento em  
24 horas das chapas da Linha II (%)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	$X_{min}$	$X_{max}$	R	$S^2$
1	67,5	912,79	13,5	12,8	14,3	1,5	0,385
2	66,8	893,62	13,4	12,8	14,2	1,4	0,293
3	68,8	949,04	13,8	12,9	14,7	1,8	0,588
4	66,0	811,70	13,1	12,9	13,8	0,9	0,125
5	66,2	877,96	13,2	12,4	14,0	1,6	0,368
6	69,9	978,11	14,0	13,6	14,8	1,2	0,227
7	67,7	917,55	13,5	12,9	14,0	1,1	0,223
8	64,2	824,66	12,8	12,5	13,2	0,7	0,083
9	69,2	959,14	13,8	13,0	14,5	1,5	0,353
10	69,1	955,11	13,8	13,6	14,1	0,5	0,037
11	65,4	855,62	13,1	12,8	13,1	0,6	0,047
12	67,3	906,21	13,5	13,1	13,9	0,8	0,082
13	65,0	846,46	13,0	12,2	13,8	1,6	0,365
14	69,6	969,16	13,9	13,5	14,3	0,8	0,088
15	64,1	822,55	12,8	12,3	13,4	1,1	0,197
16	67,6	916,22	13,5	12,5	14,4	1,9	0,567
17	65,6	860,88	13,1	12,8	13,4	0,6	0,052
18	64,6	835,74	12,9	12,3	13,6	1,3	0,277
19	63,7	813,59	12,7	12,0	13,8	1,8	0,513
20	70,5	994,69	14,1	13,4	14,4	1,0	0,160
21	71,4	1.020,40	14,3	13,5	14,6	1,1	0,202
22	66,7	890,19	13,3	12,9	13,6	0,7	0,103
23	68,0	925,58	13,6	13,0	14,0	1,0	0,195
24	66,4	882,78	13,3	12,6	13,8	1,2	0,247
25	65,3	854,15	13,1	12,4	13,8	1,4	0,333
$\Sigma$	1.675,0	22.535,27	335,3			29,1	6.110
$\bar{x}$						1,2	0,244
$\bar{x}$			13,4				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	$S^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	37,652	24	1.569	6,43	1,98	99,0%
Dentro	24,440	100	0,244			
Total	62,092	124	0,501			

ANEXO Nº 12 - Análise de Variância da Propriedade Tração Perpendicular das Chapas da Linha II (Kg/cm<sup>2</sup>)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	$x_{\min}$	$x_{\max}$	R	$s^2$
1	57,8	343,02	5,8	4,0	7,7	3,7	0,993
2	65,8	437,58	6,6	6,1	8,5	2,4	0,513
3	55,2	306,76	5,5	4,9	6,6	1,7	0,228
4	54,9	308,73	5,5	4,4	6,8	2,4	0,814
5	53,8	295,80	5,4	4,2	6,8	2,6	0,706
6	54,0	304,26	5,4	4,1	7,9	3,8	1,407
7	55,1	312,07	5,5	4,3	6,8	2,5	1,030
8	80,6	653,52	8,1	6,9	9,0	2,1	0,432
9	63,1	408,29	6,3	4,6	7,6	3,0	1,125
10	52,1	275,67	5,2	4,1	6,0	1,9	0,470
11	50,8	263,38	5,1	4,2	6,2	2,0	0,591
12	58,6	350,04	5,9	4,7	7,0	2,3	0,738
13	50,7	262,79	5,1	3,9	6,0	2,1	0,638
14	47,3	231,13	4,7	3,6	6,0	2,4	0,822
15	63,7	411,75	6,4	4,9	7,4	2,5	0,665
16	68,9	478,95	6,9	5,8	7,8	2,0	0,470
17	58,5	348,39	5,9	4,2	6,8	2,6	0,685
18	51,8	271,36	5,2	3,9	6,2	2,3	0,337
19	64,3	418,09	6,4	5,6	7,6	2,0	0,516
20	54,6	302,28	5,5	4,3	6,3	2,0	0,463
21	59,4	361,72	5,9	4,2	7,4	3,2	0,987
22	74,0	552,06	7,4	6,1	8,1	2,0	0,496
23	69,1	485,23	6,9	5,4	8,7	3,3	0,928
24	65,2	432,00	6,5	5,1	7,7	2,6	0,766
25	77,6	608,40	7,8	6,7	9,0	2,3	0,692
$\Sigma$	1.506,9	9.424,67	150,9			61,7	17,512
$\bar{x}$						2,5	0,700
$\bar{x}$			6,0				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	$s^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	184,09	24	7,670	10,95	1,98	99,0%
Dentro	157,59	225	0,700			
Total	341,68	249	1,372			

ANEXO Nº 13 - Análise de Variância da Propriedade Flexão Estática  
Perpendicular das Chapas da Linha II (Kg/cm<sup>2</sup>)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	$X_{\min}$	$X_{\max}$	R	$S^2$
1	1.023	209.695	205	191	217	26	97,3
2	977	191.117	195	184	203	19	52,8
3	986	194.876	197	182	208	26	109,2
4	1.018	217.510	204	196	215	19	61,3
5	1.050	220.922	210	195	220	25	105,5
6	976	190.840	195	183	205	22	81,2
7	1.060	224.858	212	205	220	15	34,5
8	1.026	211.016	205	193	215	22	120,2
9	1.010	204.596	202	187	220	33	144,0
10	980	192.294	196	186	205	19	53,5
11	1.060	225.210	212	198	221	23	122,5
12	945	178.839	189	182	201	19	58,5
13	973	189.921	195	184	210	26	143,8
14	1.027	211.179	205	195	215	20	58,3
15	1.074	231.018	215	202	223	21	80,7
16	999	200.059	200	185	210	25	114,7
17	1.029	212.155	206	192	217	25	96,7
18	1.050	220.684	210	202	218	16	46,0
19	1.052	221.454	210	203	218	13	28,3
20	942	177.896	188	181	206	25	105,8
21	1.081	233.863	216	207	222	15	37,7
22	1.010	204.628	202	188	215	27	152,0
23	968	187.560	194	185	199	14	38,8
24	1.074	230.980	215	204	224	20	71,2
25	1.035	214.731	207	194	221	27	121,5
$\Sigma$	25.425	5.187.901	5.085			542	2.136,0
$\bar{x}$						22	85,44
$\bar{\bar{x}}$			203				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	$S^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	7.917	24	329,875	3,86	1,98	99,0%
Dentro	8.544	100	85,440			
Total	16.461	124	132,750			

ANEXO Nº 14 - Análise de Variância da Propriedade Densidade das Chapas da Linha III (Kg/m3)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	$x_{\min}$	$x_{\max}$	R	$s^2$
1	7.090,0	5.028.192	709	695	730	35	153,555
2	6.980,0	4.874.580	698	676	726	50	282,222
3	7.048,0	4.969.566	705	675	722	47	237,288
4	6.936,0	4.812.198	694	679	712	33	154,266
5	6.886,0	4.743.188	689	679	712	37	165,377
6	6.896,0	4.757.566	690	675	723	48	231,600
7	7.023,0	4.934.141	702	683	727	44	209,788
8	7.059,0	4.985.971	706	678	727	49	335,877
9	6.940,0	4.817.528	694	679	710	31	129,777
10	6.970,0	4.860.152	697	671	723	52	229,111
11	7.049,0	4.972.055	705	679	725	46	357,011
12	7.184,0	5.161.354	718	705	725	20	40,933
13	7.054,0	4.979.560	705	679	725	46	407,600
14	7.055,0	4.979.567	706	678	727	49	251,611
15	6.950,0	4.831.088	695	679	709	30	93,111
16	7.135,0	5.091.705	714	695	727	32	98,056
17	6.917,0	4.786.969	692	678	721	43	275,566
18	7.132,0	5.087.730	713	695	729	34	131,956
19	7.050,0	4.973.074	705	676	732	56	313,777
20	7.008,0	4.912.106	701	691	720	29	99,956
21	7.056,0	4.980.142	706	687	720	33	158,711
22	7.080,0	5.014.568	708	691	725	34	214,222
23	6.890,0	4.750.030	689	667	716	49	313,333
24	7.076,0	5.008.190	708	683	722	39	134,711
25	7.113,0	5.060.371	711	695	721	26	99,344
$\Sigma$	175.637,0	123.371.591	17.560			992	5.118,958
$\bar{x}$						40	204,758
$\bar{x}$			702				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	$s^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	16.389	24	682,875	3,34	1,98	99,0%
Dentro	46.071	225	204,760			
Total	62.460	249	250,843			

ANEXO Nº 15 - Análise de Variância da Propriedade Teor de Umidade das Chapas da Linha III (%)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	$X_{min}$	$X_{max}$	R	$S^2$
1	43,2	373,48	8,6	8,4	8,9	0,5	0,058
2	43,2	373,88	8,6	8,3	9,3	1,0	0,158
3	41,3	342,15	8,3	7,7	8,9	1,2	0,253
4	39,7	315,47	7,9	7,5	8,1	0,6	0,063
5	42,2	357,02	8,4	7,9	8,9	1,0	0,213
6	43,6	380,70	8,7	8,2	9,1	0,9	0,127
7	44,4	394,90	8,9	8,4	9,4	1,0	0,157
8	44,9	403,45	9,0	8,8	9,3	0,5	0,062
9	38,1	391,11	7,6	7,0	8,1	1,1	0,202
10	41,8	349,66	8,4	8,1	8,6	0,5	0,053
11	47,3	447,91	9,5	9,0	9,9	0,9	0,113
12	37,1	276,03	7,4	6,9	8,1	1,2	0,187
13	48,3	357,97	8,5	8,3	8,7	0,4	0,028
14	45,8	420,76	9,2	8,6	10,0	1,4	0,308
15	40,0	320,24	8,0	7,7	8,3	0,6	0,060
16	40,4	327,06	8,1	7,6	8,6	1,0	0,157
17	40,6	329,74	8,1	8,0	8,3	0,3	0,017
18	42,0	353,98	8,4	7,8	9,1	1,3	0,295
19	38,8	301,56	7,8	7,3	8,1	0,8	0,118
20	43,3	375,37	8,7	8,4	9,0	0,6	0,098
21	48,6	473,78	9,7	9,0	10,1	1,1	0,197
22	37,8	285,94	7,6	7,2	7,7	0,5	0,043
23	42,0	353,90	8,4	7,9	9,2	1,3	0,275
24	38,8	301,64	7,8	7,3	8,3	1,0	0,138
25	43,1	371,85	8,6	8,4	9,1	0,7	0,082
$\Sigma$	1.050,3	8.878,95	210,2			21,4	3,462
$\bar{x}$						0,9	0,138
$\bar{x}$			8,4				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	$S^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	40,08	24	1,670	12,10	1,98	99,0%
Dentro	13,83	100	0,138			
Total	53,91	124	0,435			

ANEXO Nº 16 - Análise de Variância da Propriedade Inchamento em 2 horas das Chapas da Linha III (%)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	R	S <sup>2</sup>
1	16,3	53,79	3,3	3,1	3,5	1,0	0,163
2	21,0	89,26	4,2	3,5	4,8	1,3	0,265
3	22,5	103,27	4,5	3,9	5,5	1,6	0,505
4	14,9	45,35	3,0	2,0	3,0	1,0	0,237
5	16,6	56,68	3,3	2,1	3,7	1,6	0,392
6	21,0	90,74	4,2	3,3	5,4	2,1	0,635
7	22,0	98,82	4,4	3,3	5,2	1,9	0,505
8	17,8	63,66	3,6	3,2	3,9	0,7	0,073
9	21,6	94,56	4,3	3,7	5,1	1,4	0,312
10	24,1	117,75	4,8	3,8	5,4	1,6	0,397
11	15,3	47,27	3,1	2,6	3,5	0,9	0,113
12	18,4	68,54	3,7	3,0	4,2	1,2	0,207
13	22,6	102,90	4,5	4,0	5,0	1,0	0,187
14	17,1	58,75	3,4	3,1	3,8	0,7	0,067
15	19,7	78,77	3,9	3,4	4,8	1,4	0,288
16	23,2	109,20	4,6	3,6	5,2	1,6	0,388
17	18,7	70,41	3,7	2,8	3,6	0,8	0,118
18	20,1	81,07	4,0	3,7	4,4	0,7	0,067
19	22,4	102,50	4,5	3,5	5,3	1,8	0,537
20	23,6	112,14	4,7	4,0	5,1	1,1	0,187
21	21,6	93,76	4,3	3,8	4,6	0,8	0,112
22	19,5	76,85	3,9	3,2	4,4	1,2	0,200
23	25,3	128,39	5,1	4,7	5,5	0,8	0,093
24	22,0	98,10	4,4	3,4	4,8	1,4	0,325
25	16,9	57,75	3,4	2,9	3,9	1,0	0,157
$\Sigma$	504,2	2.100,28	100,8			30,6	6,530
$\bar{x}$						1,2	0,261
$\bar{x}$			4,0				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	S <sup>2</sup>	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	40,42	24	1,684	6,45	1,98	99,0%
Dentro	26,12	100	0,261			
Total	66,54	124	0,537			



ANEXO Nº 17 - Análise de Variância da Propriedade Inchamento em 24 horas das Chapas da Linha III (%)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	$X_{min}$	$X_{max}$	R	$S^2$
1	70,0	982,02	14,0	13,0	15,0	2,0	0,505
2	71,3	1.017,25	14,3	13,9	14,8	0,9	0,128
3	67,4	910,14	13,5	12,6	14,1	1,5	0,397
4	65,5	858,59	13,1	12,7	13,6	0,9	0,135
5	64,4	830,80	12,9	12,1	13,5	1,4	0,332
6	70,1	983,31	14,0	14,6	13,7	0,9	0,127
7	66,3	880,93	13,3	12,5	14,2	1,7	0,448
8	65,3	853,89	13,1	12,2	13,5	1,3	0,268
9	64,2	824,66	12,8	12,5	13,2	0,7	0,083
10	62,9	792,31	12,6	11,9	13,1	1,2	0,257
11	70,5	994,57	14,1	13,7	14,6	0,9	0,130
12	64,8	840,68	13,0	12,3	13,5	1,2	0,218
13	65,8	866,52	13,2	12,6	13,6	1,0	0,148
14	70,7	1.002,15	14,1	13,1	15,0	1,9	0,613
15	63,4	804,26	12,7	12,3	13,1	0,8	0,087
16	65,6	860,94	13,1	12,8	13,4	0,6	0,067
17	65,8	867,42	13,2	12,4	14,0	1,6	0,373
18	62,4	779,38	12,5	12,1	13,0	0,9	0,157
19	61,8	764,50	12,4	11,9	13,0	1,1	0,163
20	72,4	1.048,78	14,5	14,0	14,8	0,8	0,107
21	64,1	822,67	12,8	12,1	13,3	1,2	0,227
22	66,5	885,45	13,3	12,8	14,1	1,3	0,250
23	67,6	915,32	13,5	12,9	14,4	1,5	0,342
24	61,4	754,38	12,3	12,0	12,8	0,8	0,097
25	65,3	854,79	13,1	12,3	14,0	1,7	0,493
$\Sigma$	1.655,5	21.995,71	331,4			29,8	6,152
$\bar{x}$						1,2	0,246
$\bar{x}$			13,3				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	$S^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	45,661	24	1,903	7,74	1,98	99,0%
Dentro	24,601	100	0,246			
Total	70,262	124	0,567			

ANEXO Nº 18 - Análise de Variância da Propriedade Tração Perpendicular das Chapas da Linha III (Kg/cm<sup>2</sup>)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	$x_{\min}$	$x_{\max}$	R	$s^2$
1	64,0	386,44	6,1	4,4	8,0	3,6	1,593
2	66,1	453,63	6,6	4,5	8,8	4,3	1,857
3	58,6	349,06	5,9	4,5	6,9	2,4	0,629
4	62,9	409,23	6,3	5,0	8,0	3,0	1,510
5	73,9	546,91	7,4	7,2	7,8	0,8	0,088
6	54,0	299,56	5,4	4,3	7,4	3,1	0,884
7	50,3	258,67	5,0	3,7	6,6	2,9	0,629
8	73,2	540,94	7,3	5,7	8,1	2,4	0,569
9	56,6	338,22	5,7	3,6	7,1	3,5	1,985
10	71,4	511,02	7,1	6,6	7,8	1,2	0,136
11	67,8	466,78	6,8	5,2	8,0	2,8	0,788
12	58,5	344,49	5,9	5,1	6,5	1,4	0,252
13	49,2	246,48	4,9	3,8	6,0	2,2	0,491
14	67,7	465,75	6,8	5,1	8,1	3,0	0,825
15	55,8	315,26	5,6	4,9	6,2	1,8	0,433
16	56,3	323,69	5,6	4,7	7,4	2,7	0,747
17	66,3	444,37	6,6	4,5	7,1	2,6	0,533
18	54,8	311,54	5,5	3,7	7,0	3,3	1,248
19	47,5	229,11	4,8	3,9	6,0	2,1	0,387
20	77,2	602,08	7,7	6,3	9,0	2,7	0,677
21	66,5	447,23	6,7	5,8	8,0	2,2	0,556
22	62,4	397,60	6,2	4,9	7,8	2,9	0,914
23	74,8	571,88	7,5	5,7	8,9	3,2	1,375
24	52,1	276,71	5,2	4,2	6,6	2,4	0,585
25	79,5	633,25	8,0	7,3	8,5	1,2	0,136
$\Sigma$	1.564,4	10.169,9	156,6			63,7	19,827
$\bar{x}$						2,5	0,793
$\bar{\bar{x}}$			6,3				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	$s^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	202,06	24	8,419	10,62	1,98	99,0%
Dentro	178,45	225	0,793			
Total	380,51	249	1,528			

ANEXO Nº 19 - Análise de Variância da Propriedade Flexão Estática  
Perpendicular das Chapas da Linha III (Kg/cm<sup>2</sup>)

K	$\Sigma x_i$	$\Sigma x_i^2$	$\bar{x}$	$x_{\min}$	$x_{\max}$	R	$s^2$
1	989	195.775	198	190	205	15	37,7
2	1.007	203.235	201	194	217	23	106,3
3	1.046	219.532	209	195	223	28	177,2
4	1.012	205.498	202	192	217	27	167,3
5	1.023	209.551	205	197	214	17	61,3
6	1.000	200.266	200	192	212	20	66,5
7	992	187.170	198	190	214	24	89,3
8	1.007	203.197	201	192	218	26	96,8
9	1.026	210.848	205	195	215	20	78,2
10	1.037	215.157	207	204	215	11	20,8
11	1.038	215.940	208	196	216	20	112,8
12	1.090	237.758	218	210	225	15	34,5
13	980	192.294	196	186	205	19	53,5
14	1.025	210.633	205	185	212	27	127,0
15	1.080	233.406	216	206	219	13	31,5
16	1.004	201.934	201	190	210	20	82,7
17	1.055	223.159	211	190	217	27	138,5
18	1.070	229.374	214	203	225	22	98,5
19	1.052	221.454	210	205	218	13	28,3
20	1.007	203.417	201	192	220	28	151,8
21	992	197.070	198	186	208	22	64,3
22	986	194.594	197	190	205	15	38,7
23	1.065	226.993	213	206	220	14	37,0
24	1.028	211.682	206	190	213	23	81,3
25	992	197.398	198	283	212	29	146,3
$\Sigma$	25.603	5.257.335	5.118			516	2.128,1
$\bar{x}$						21	85,124
$\bar{x}$			205				

Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	SQD	GL	$s^2$	F CALCULADO	F TABELAR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
Entre	4.718,6	24	196,618	2,31	1,98	99,0%
Dentro	8.512,4	100	85,124			
Total	19.231,0	124	106,702			
			155,089			